



JPW

PATENT
Customer No. 22,852
Attorney Docket No. 3180.0355

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
)
HIROSHI MATSUSHITA ET AL.) Group Art Unit: 2133
)
Application No.: 10/784,819) Examiner: Unknown
)
Filed: February 24, 2004) Confirmation No.: 1147
)
For: FAILURE DETECTION SYSTEM,)
FAILURE DETECTION METHOD,)
AND COMPUTER PROGRAM)
PRODUCT)

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CLAIM FOR PRIORITY

Sir:

Under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Patent Application No. 2003-378195, filed November 7, 2003, for the above identified United States patent application.

In support of Applicants' claim for priority, a certified copy of the priority application is filed herewith.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Dated: 11/18/04

By: [Signature]
Richard V. Burgulian
Reg. No. 31,744

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application
as filed with this Office:

Date of Application: November 7, 2003

Application Number: P2003-378195
[ST.10/C]: [JP2003-378195]

Applicant(s): KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA

November 2, 2004

Commissioner,:
Japan Patent Office Hiroshi OGAWA

Number of Certificate: 2004-3098788

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

S-929

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年11月 7日

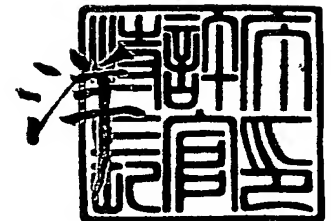
出願番号
Application Number: 特願2003-378195
[ST. 10/C]: [JP2003-378195]

出願人
Applicant(s): 株式会社東芝

2004年11月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

出証番号 出証特2004-3098788

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 APB036014
【提出日】 平成15年11月 7日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 21/66
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業
 所内
 【氏名】 松下 宏
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業
 所内
 【氏名】 門多 健一
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業
 所内
 【氏名】 塩山 善之
【特許出願人】
 【識別番号】 000003078
 【氏名又は名称】 株式会社 東芝
【代理人】
 【識別番号】 100083806
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 三好 秀和
 【電話番号】 03-3504-3075
【選任した代理人】
 【識別番号】 100068342
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 三好 保男
【選任した代理人】
 【識別番号】 100100712
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦
【選任した代理人】
 【識別番号】 100100929
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 川又 澄雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100108707
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 中村 友之
【選任した代理人】
 【識別番号】 100095500
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 伊藤 正和
【選任した代理人】
 【識別番号】 100101247
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】
【識別番号】 100098327
【弁理士】
【氏名又は名称】 高松 俊雄
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 001982
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

複数品種の半導体装置の各ウェーハについて、ウェーハ上の複数のチップ領域に実施される電氣的テストの結果に基づいて不良チップ領域を表示するパス／フェイルマップを取得するウェーハテスト情報入力ユニットと、

前記半導体装置間で類似する前記電氣的テストを類似電氣的テストに分類する類似テスト情報入力ユニットと、

前記ウェーハの面内に前記半導体装置の複数品種に共通の分割領域を設定する分割領域設定ユニットと、

前記分割領域のそれぞれに含まれる前記不良チップ領域数を前記類似電氣的テスト毎に統計的に処理して特徴量を算出する特徴量計算ユニットと、

前記ウェーハ間で前記分割領域それぞれに対応する前記特徴量の相関係数を求め、前記相関係数を閾値と比較して前記不良チップ領域のクラスタリング不良パターンをカテゴリに分類するカテゴリ化ユニット

とを備えることを特徴とする不良検出システム。

【請求項 2】

前記カテゴリに属する前記ウェーハの製造履歴に基づいて、製造装置履歴の偏りを統計的に解析して得られた検定値で不良原因の判定を行う不良カテゴリ解析ユニットを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の不良検出システム。

【請求項 3】

前記半導体装置の複数品種に共通で、互いに異なる分割領域を設定する複数の領域分割方法を格納する分割領域データベースを更に備えることを特徴とする請求項 2 に記載の不良検出システム。

【請求項 4】

前記複数の領域分割方法により設定された前記分割領域のそれぞれに対して、前記パス／フェイルマップから得られた前記クラスタリング不良パターンの前記カテゴリのそれぞれの間の類似性を判定して同一カテゴリに分類し、前記同一カテゴリに属する前記ウェーハについて前記領域分割方法のそれぞれに対して算出された前記検定値を比較し、最適の前記領域分割方法を判定する分割領域最適化ユニットを更に備えることを特徴とする請求項 3 に記載の不良検出システム。

【請求項 5】

製造ラインで複数品種の半導体装置のウェーハを製造し、

前記ウェーハ上の複数のチップ領域に実施される電氣的テストの結果に基づいて不良チップ領域を表示するパス／フェイルマップを取得し、

前記半導体装置間で類似する前記電氣的テストを分類した類似電氣的テストを取得し、

前記ウェーハの面内に前記半導体装置の複数品種に共通の分割領域を設定し、

前記分割領域のそれぞれに含まれる前記不良チップ領域数を前記類似電氣的テスト毎に統計的に処理して特徴量を算出し、

前記ウェーハ間で前記分割領域それぞれに対応する前記特徴量の相関係数を求め、前記相関係数を閾値と比較して前記不良チップ領域のクラスタリング不良パターンをカテゴリに分類する

ことを含むことを特徴とする不良検出方法。

【請求項 6】

前記分割領域が、前記ウェーハの中心と同心の 1 以上の分割円及び前記中心から等角度で引かれる半径の長さの複数の分割線の組み合わせで分割されることを特徴とする請求項 5 に記載の不良検出方法。

【請求項 7】

前記カテゴリに属する前記ウェーハの製造履歴に基づいて、製造装置履歴の偏りを統計的に解析して得られた検定値で不良原因の判定を行うことを更に含むことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の不良検出方法。

【請求項 8】

前記分割領域として、前記半導体装置の複数品種に共通で、互いに異なる分割領域を設定することを特徴とする請求項 7 に記載の不良検出方法。

【請求項 9】

互いに異なる前記分割領域のそれぞれに対して、前記パス／フェイルマップから得られた前記クラスタリング不良パターンの前記カテゴリのそれぞれの間の類似性を判定して同一カテゴリに分類し、前記同一カテゴリに属する前記ウェーハが互いに異なる前記分割領域に対して存在する場合、前記同一カテゴリに属する前記ウェーハについて互いに異なる前記分割領域のそれぞれに対して算出された前記検定値を比較し、最大の前記検定値を与える前記分割領域に基づいて、不良原因の判定が行われることを更に含むことを特徴とする請求項 8 に記載の不良検出方法。

【請求項 10】

複数品種の半導体装置の各ウェーハについて、ウェーハ上の複数のチップ領域に実施される電気的テストの結果に基づいて不良チップ領域を表示するパス／フェイルマップを取得する命令と、

前記半導体装置間で類似する前記電気的テストを分類した類似電気的テストを取得する命令と、

前記ウェーハの面内に前記半導体装置の複数品種に共通の分割領域を設定する命令と、

前記分割領域のそれぞれに含まれる前記不良チップ領域数を前記類似電気的テスト毎に統計的に処理して特徴量を算出する命令と、

前記ウェーハ間で前記分割領域それぞれに対応する前記特徴量の相関係数を求め、前記相関係数を閾値と比較して前記不良チップ領域のクラスタリング不良パターンをカテゴリに分類する命令

とをコンピュータに実行させるための不良検出プログラム。

【書類名】明細書

【発明の名称】不良検出システム、不良検出方法及び不良検出プログラム

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体集積回路の製造工程における異常箇所検出に関し、特にクラスタリング不良の発生原因を検出する不良検出システム、不良検出方法及び不良検出プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

大規模集積回路（LSI）等の半導体装置製造の生産性を向上させる最大の課題の一つは、歩留りを向上させることである。歩留りを向上させるには、歩留りロス进行分析し、歩留りロスの原因となっているプロセス、製造装置、あるいは設計条件を早期に解明し、改善することが重要である。しかし、例えばLSIは数百の工程及び製造装置を経て生産される。そのため、一旦LSIに不良が発生すると、不良原因を検出することは一般に非常に困難である。

【0003】

LSI製造のウェーハプロセス終了後に行われる電気的特性試験であるウェーハテストの結果は、不良原因解明の重要な手がかりを与えることがある。これは、ウェーハテストがウェーハ形状のまま行われるためである。ウェーハテスト結果をウェーハ面内位置でマッピング表示することで、ウェーハ面上の不良位置が検出される。その代表的なものが、メモリ製品で取得されるフェイルビットマップ（FBM）である。ロジック製品、あるいはメモリ混載ロジック製品等では、チップ単位での良品（パス）あるいは不良品（フェイル）をマッピング表示したパス／ファイルマップが取得される。

【0004】

ウェーハ面内の不良分布は大きく分けて、ウェーハ面上の位置に依らず均等に分布するランダム不良と、一部に偏って発生するクラスタリング不良の2種類がある。クラスタリング不良は、プロセスや製造装置等に起因したシステムティックな要因がある場合が多く、歩留り低下の大きな原因である。プロセスや製造装置等に起因する不良は、プロセスや製造装置固有の不良パターンをウェーハ面上に生じさせる。したがって、クラスタリング不良のパターン分析が不良発生原因解明の糸口であると見なせる。

【0005】

LSI等の電子装置の製造における不良原因検出は、同じクラスタリング不良が発生したウェーハあるいは製造ロットについて、クリーンルーム内での製造履歴を遡って行われる。例えば、同じクラスタリング不良が発生したウェーハに同一の工程で共通して処理された製造装置がないか調査する。不良原因の検出を行うために、クラスタリング不良を定量化した特徴量に関して、製造装置間で有意差検定を行う方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2002-359266号公報（第3-4頁、第1図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、特定用途向けに専用のLSI（ASIC）が開発されるようになってきた。ASICを生産する製造ラインでは、必然的に個々の品種の生産数は少ない一方、生産する製品の種類が多くなる、いわゆる少量多品種の生産を行っている。クラスタリング不良からその不良原因を検出するには、製造ライン全体で不良パターンの共通性を抽出しなければならない。しかし、特徴量は、個々の品種毎に計算アルゴリズムが作成されるため、品種の枠を越えてクラスタリング不良パターンの類似性を抽出することは困難である。品種によってチップサイズ、ウェーハ面上のチップ配置が異なり、さらにはウェーハテストで行われる電気的特性のテスト項目も品種毎に異なっているからである。少量多品種製造ラインで生産される一部の品種についてクラスタリング不良の共通性を抽出しても、製造ライ

ン全体の不良を抽出したものでない。したがって、製造履歴データとの有意差検定を行っても、異常原因を検出することができない。また、発生しているクラスタリング不良が、一つの品種だけである場合、クラスタリング不良の発生原因は製造装置にはない可能性が高い。その結果、不良発生原因に対する対策が遅れてしまう。

【0007】

本発明は、このような課題を解決し、少量多品種製造ラインで製造される製品に共通の不良パターンを定量化して分類することができ、不良発生原因の高感度な検知が可能な不良検出システム、不良検出方法及び不良検出プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明の第1の態様は、(イ)複数品種の半導体装置の各ウェーハについて、ウェーハ上の複数のチップ領域に実施される電氣的テストの結果に基づいて不良チップ領域を表示するパス／フェイルマップを取得するウェーハテスト情報入力ユニットと、(ロ)半導体装置製品間で類似する電氣的テストを類似電氣的テストに分類する類似テスト情報入力ユニットと、(ハ)ウェーハの面内に半導体装置製品の複数品種に共通の分割領域を設定する分割領域設定ユニットと、(ニ)分割領域のそれぞれに含まれる不良チップ領域数を類似電氣的テスト毎に統計的に処理して特徴量を算出する特徴量計算ユニットと、(ホ)ウェーハ間で分割領域それぞれに対応する特徴量の相関係数を求め、相関係数を閾値と比較して不良チップ領域のクラスタリング不良パターンをカテゴリに分類するカテゴリ化ユニットとを備える不良検出システムであることを要旨とする。

【0009】

本発明の第2の態様は、(イ)製造ラインで複数品種の半導体装置のウェーハを製造し、(ロ)ウェーハ上の複数のチップ領域に実施される電氣的テストの結果に基づいて不良チップ領域を表示するパス／フェイルマップを取得し、(ハ)半導体装置間で類似する電氣的テストを分類した類似電氣的テストを取得し、(ニ)取得したウェーハの面内に半導体装置の複数品種に共通の分割領域を設定し、(ホ)分割領域のそれぞれに含まれる不良チップ領域数を類似電氣的テスト毎に統計的に処理して特徴量を算出し、(ヘ)ウェーハ間で分割領域それぞれに対応する特徴量の相関係数を求め、相関係数を閾値と比較して不良チップ領域のクラスタリング不良パターンをカテゴリに分類することを含む不良検出方法であることを要旨とする。

【0010】

本発明の第3の態様は、(イ)複数品種の半導体装置の各ウェーハについて、ウェーハ上の複数のチップ領域に実施される電氣的テストの結果に基づいて不良チップ領域を表示するパス／フェイルマップを取得する命令と、(ロ)半導体装置間で類似する電氣的テストを分類した類似電氣的テストを取得する命令と、(ハ)ウェーハの面内に半導体装置の複数品種に共通の分割領域を設定する命令と、(ニ)分割領域のそれぞれに含まれる不良チップ領域数を類似電氣的テスト毎に統計的に処理して特徴量を算出する命令と、(ホ)ウェーハ間で分割領域それぞれに対応する特徴量の相関係数を求め、相関係数を閾値と比較して不良チップ領域のクラスタリング不良パターンをカテゴリに分類する命令とをコンピュータに実行させるための不良検出プログラムであることを要旨とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、少量多品種製造ラインで製造される製品に共通の不良パターンを定量化して分類することができ、不良発生原因の高感度な検知が可能な不良検出システム、不良検出方法及び不良検出プログラムを提供することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下図面を参照して、本発明の形態について説明する。以下の図面の記載において、同一または類似の部分には同一または類似の符号が付してある。但し、図面は模式的なものであり、装置やシステムの構成等は現実のものとは異なることに留意すべきである。した

がって、具体的な構成は以下の説明を参酌して判断すべきものである。また図面相互間においても互いの構成等が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【0013】

(第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態に係る不良検出システムは、図1に示すように、製品情報データベース52、ウェーハテスト情報データベース56、類似テスト情報データベース58、分割領域データベース62、特徴量データベース64、不良カテゴリデータベース66、及び中央処理制御装置(CPU)60等を備える。製品情報データベース52は、生産管理サーバ50に接続されている。また、ウェーハテスト情報データベース56及び類似テスト情報データベース58は、テスターサーバ54に接続されている。CPU60には、入力装置82、出力装置84、プログラム記憶装置86、及びデータ記憶装置88が接続されている。更に、CPU60は、ウェーハテスト情報入力ユニット68、製品情報入力ユニット70、類似テスト情報入力ユニット72、分割領域設定ユニット74、特徴量計算ユニット76、カテゴリ化ユニット78及び不良カテゴリ解析ユニット80等を備えている。

【0014】

入力装置82は、キーボード、マウス等の機器を指す。入力装置82から入力操作が行われると対応するキー情報がCPU60に伝達される。出力装置84は、モニタなどの画面を指し、液晶表示装置(LCD)、発光ダイオード(LED)パネル、エレクトロルミネッセンス(EL)パネル等が使用可能である。出力装置84は、CPU60により制御され、電氣的テストから得られるパス/フェイルマップやクラスタリング不良を定量化する特徴量の計算結果等を表示する。プログラム記憶装置86は、不良パターンの定量化や関連の演算等をCPU60に実行させるためのプログラムを保存している。データ記憶装置88は、CPU60における演算において、計算途中や解析途中のデータを一時的に保存する。

【0015】

製品情報データベース52には、少量多品種製造ラインの管理を行う生産管理サーバ50により複数の半導体装置の製品について、製造プロセスフローや使用した製造装置等のクリーンルーム内で実施される製造履歴等の製品情報が格納される。第1の実施の形態の説明に用いる製造ラインでは、図2に示すように、半導体装置として製品A、製品B、及び製品C等の多品種が製造される。製品情報入力ユニット70は、製品情報データベース52から製造ラインで製造される製品A、製品B、及び製品C等のそれぞれの半導体装置の情報を取得する。例えば、製品Aはメモリ製品、製品Bはロジック製品、及び製品Cはメモリ混載ロジック製品である。製品A、B、Cのそれぞれの半導体装置は、ウェーハ90a、90b、90c上のチップ92、94、96に作製される。製造ラインが同一であるため、ウェーハ90a、90b、90cは同一サイズである。しかし、品種により半導体装置の占有面積が異なるため、ウェーハ90a、90b、90c面内でのチップ92、94、96のサイズが異なり、チップ92、94、96の配置やチップ数も異なっている。例えば図2に示したように、チップサイズが小さい製品Aのチップ92は、ウェーハ90aに配置されるチップ数が多い。チップサイズが大きい製品Cのチップ96は、ウェーハ90cに配置されるチップ数が少ない。チップサイズがチップ92及び96の間である製品Bのチップ94は、ウェーハ90bに配置されるチップ数もチップ92及び96の中間の値となる。

【0016】

ウェーハテスト情報データベース56には、製造ライン上で各種の電氣的テストを実施するテスターを管理するテスターサーバ54により、取得されたウェーハテストの結果、例えばパス/フェイルマップ等が格納される。製品A、B、Cそれぞれのウェーハに対して行われるウェーハテストには、図3に示すように、製品A、B、C間で同じ電氣的テスト項目もあるが、製品A、B、C固有の電氣的テスト項目も存在している。例えば、製品Aでは、直流(DC)テスト、ファンクションテスト、及びマージンテスト等が行われる

。製品Bでは、パワーショットテスト、ファンクションテスト、周波数テスト、及び他のロジックテスト等が行われる。製品Cでは、DCテスト、アナログ・デジタル／デジタル・アナログ変換（AD／DA）1テスト、及びAD／DA 2テスト等が行われる。ウェーハテストで検出される各電気的テストの不良には、不良コードが定義されている。DC、ファンクション、マージン、パワーショット、周波数、他のロジック、AD／DA 1、及びAD／DA 2テストそれぞれの不良コードは、DC、FC、MA、PS、FQ、OL、A 1、及びA 2である。

【0017】

ここで、DC不良は、製品に電源を供給した時の消費電流値が異常であることを示す。FC不良は、回路が所望の動作をしないことを示す。MA不良は、メモリの書き込みあるいは読み出し動作速度が仕様範囲を満たしていないことを示す。PS不良は、製品に電源を供給した時、消費電流が過大であることを示す。FQ不良は、ロジック回路の最大動作周波数が仕様を満たしていないことを示す。OL不良は、ロジック回路が所望の動作をしないことを示す。A 1不良は、回路中のアナログ／デジタルあるいはデジタル／アナログ変換回路が所望の動作をしないことを示す。A 2不良は、回路中のアナログ／デジタルあるいはデジタル／アナログ変換回路の動作特性が仕様を満たしていないことを示す。

【0018】

また、類似テスト情報データベース58には、図4に示すように、テスターサーバ54により、異なる製品A、B、Cで類似する電気的テスト項目を、類似電気的テスト1、類似電気的テスト2、及び類似電気的テスト3に分類した類似テスト情報が格納される。例えば、類似電気的テスト1の製品AのDC不良及び製品BのPS不良は、消費電流の異常という点で互いに類似する不良である。また、類似電気的テスト2の製品A、BのFC不良、製品BのOL不良、及び製品CのA 1不良は、各製品A、B、Cの半導体装置が回路的に動作しない点で互いに類似する不良である。また、類似電気的テスト3の製品AのMA不良、製品BのFQ不良、及び製品CのA 2不良は、回路的には動作するが、動作特性が劣っているという点で互いに類似する不良である。類似電気的テスト1～類似電気的テスト3の類似不良は、同じ不良原因により発生している可能性があるため、第1の実施の形態では、同じ不良として分類する。

【0019】

CPU 60のウェーハテスト情報入力ユニット68は、ウェーハテスト情報データベース56から取得した各ウェーハのパス／フェイルマップを、製品情報入力ユニット70に渡す。製品情報入力ユニット70は、ウェーハテスト情報入力ユニット68で取得された各ウェーハに対して、製品情報データベース52から取得した半導体装置の種類や製造履歴等の製造情報を付加する。類似テスト情報入力ユニット72は、各ウェーハに実施された電気的テストに対して、類似テスト情報データベース58から取得した類似電気的テスト1～類似電気的テスト3のそれぞれに属する類似不良を取得する。

【0020】

ウェーハテストでは、図2に示した製品A、B、Cそれぞれのチップ92、94、96それぞれのチップ領域毎に各電気的テストが行われる。例えば、ウェーハテストで得られた製品A、B、Cのウェーハ番号1～13（以下、ウェーハ1、ウェーハ2、・・・、ウェーハ13と表記する）それぞれのパス／フェイルマップ100a～100mには、図5～図7に示すように、電気的テスト結果に基づいて、良品チップ領域92a、94a、96a及び対応する不良コードが印された不良チップ領域92b～92d、94b～94e、96b～96dが表示される。製品A、B、Cには、ウェーハにより様々なクラスタリング不良が発生していることが分かる。

【0021】

例えば、図5に示す製品Aのウェーハ1では、パス／フェイルマップ100aの左下側エッジ付近にDC不良の不良チップ領域92bが発生している。ウェーハ2では、パス／フェイルマップ100bの中央部付近にFC不良の不良チップ領域92cが発生している。ウェーハ3では、パス／フェイルマップ100cの右下側エッジ付近にMA不良の不良

チップ領域 92 d が発生している。また、ウェーハ 4 では、パス／フェイルマップ 100 d のエッジ全体に DC 不良の不良チップ領域 92 b が発生している。

【0022】

また、図 6 に示す製品 B のウェーハ 5 では、パス／フェイルマップ 100 e の左下側エッジ付近に PS 不良の不良チップ領域 94 b が発生している。ウェーハ 6 では、パス／フェイルマップ 100 f の中央部付近に OL 不良の不良チップ領域 94 e が発生している。ウェーハ 7 では、パス／フェイルマップ 100 g の右下側エッジ付近に FQ 不良の不良チップ領域 94 d が発生している。ウェーハ 8 では、パス／フェイルマップ 100 h の中央部付近に OL 不良の不良チップ領域 94 e 及び FC 不良の不良チップ領域 94 c が混在して発生している。また、ウェーハ 9 では、パス／フェイルマップ 100 i の左下半面に OL 不良の不良チップ領域 94 e が発生している。

【0023】

また、図 7 に示す製品 C のウェーハ 10 では、パス／フェイルマップ 100 j の左下側エッジ付近に DC 不良の不良チップ領域 96 b が発生している。ウェーハ 11 では、パス／フェイルマップ 100 k の中央部付近に A1 不良の不良チップ領域 96 c が発生している。ウェーハ 12 では、パス／フェイルマップ 100 l の右下側エッジ付近に A2 不良の不良チップ領域 96 d が発生している。更に、ウェーハ 13 では、パス／フェイルマップ 100 m の縦方向に A2 不良の不良チップ領域 96 d が周期的に並んで発生している。

【0024】

製品 A のウェーハ 1 と製品 C のウェーハ 10 では、製品は異なるが、同じ DC 不良のクラスタリング不良がパス／フェイルマップの左下側エッジ付近に発生している。また、製品 B のウェーハ 5 では、PS 不良のクラスタリング不良がウェーハ 1 及びウェーハ 10 と同様にパス／フェイルマップの左下側エッジ付近に発生している。このように、ウェーハ 1、ウェーハ 5、及びウェーハ 10 は、製品はそれぞれ異なるが、類似不良のクラスタリング不良パターンを示している。製品 A のウェーハ 2、製品 B のウェーハ 6、ウェーハ 8、及び製品 C のウェーハ 11 では、FC 不良、OL 不良及び A1 不良の類似不良がパス／フェイルマップの中央部付近に発生したクラスタリング不良パターンを示している。同様に、製品 A のウェーハ 3、製品 B のウェーハ 7、及び製品 C のウェーハ 12 でも、MA 不良、FQ 不良、及び A2 不良の類似不良がパス／フェイルマップの右下側エッジ付近に発生したクラスタリング不良パターンを示している。一方、製品 A のウェーハ 4、製品 B のウェーハ 9、及び製品 C のウェーハ 13 に発生しているクラスタリング不良のそれぞれは、独自のクラスタリング不良パターンを示している。

【0025】

例えば、同じクラスタリング不良パターンが異なる製品に渡って発生している場合、異なる製品を生産している製造ラインに共通の不具合があると考えられる。一方、特定の製品にだけにしか発生しないクラスタリング不良パターンがある場合、特定の製品の設計・仕様等の製品固有の不良原因があると考えられる。このように、異なる製品間の不良発生形態を調査することで、不良原因の所在を推測することができる。そのために、少量多品種製造ラインにおけるクラスタリング不良パターンの分類は、全生産製品を対象に行うことが重要である。

【0026】

図 1 に示した分割領域データベース 62 は、半導体装置の種類に依らないで共通する領域分割方法によりウェーハ面内に設定された分割領域を格納する。CPU 60 の分割領域設定ユニット 74 は、分割領域データベース 62 からウェーハ面に設定される分割領域のデータを取得し、ウェーハテスト情報入力ユニット 68 で取得されたパス／フェイルマップについて各分割領域に属するチップ群を求める。

【0027】

第 1 の実施の形態では、図 8 に示すように、ウェーハ 90 の面内に、各製品 A、B、C に依存しない共通した分割領域を設定する。例えば、ウェーハ 90 の中心 C を中心とする分割円 DR₁～DR₃、及び中心 C とウェーハ 90 のエッジを結ぶ分割線 DL₁～DL₈ を設

ける。ウェーハ90の半径を r とすると、分割円 DR_1 及び DR_2 の半径は、 $(r/2)$ 及び $(r * 3/4)$ である。また、分割円 DR_3 の半径は、分割円 DR_3 とウェーハ90のエッジ間に最外周のチップの面積が少なくとも半分以上おさまるように設定されている。また、ウェーハ90の中心 C からウェーハ90のエッジに垂直な線分の分割線 DL_1 から、時計回り方向に角度45度のステップで分割線 $DL_2 \sim DL_8$ が設定されている。分割円 $DR_1 \sim DR_3$ 及び分割線 $DL_1 \sim DL_8$ を組み合わせ、図9に示すように、分割領域番号1～150の分割領域を設定する。ここで、分割領域“ $[DR_3\text{外側}] \vee [DL_3 - DL_4 - DL_5 - DL_6 - DL_7]$ ”は、ウェーハ90の分割線 DR_3 の外側の領域と、分割線 DL_3 及び DL_7 で区切られ $DL_4 \sim DL_6$ を含む領域との論理積である。例えば、図9の分割領域番号2の第2分割領域 DA_2 は、図10に示す斜線部となる。また、分割領域番号76の第76分割領域 DA_{76} は、図10に示すクロスハッチ部となる。なお、各分割領域の面積はチップ面積より大きくなるよう設定されている。

【0028】

分割領域設定ユニット74は、設定した各分割領域に50%以上の面積が含まれるチップについて、各分割領域に属するチップ群と判定する。各分割領域に属するチップ群の情報は、分割領域データベース62に格納される。例えば、製品A、B、Cのウェーハ90a、90b、90cそれぞれの第76分割領域 DA_{76} には、図11～図13のクロスハッチで示すように、少なくとも一つ以上のチップを含むチップ群102、104、106が設定される。製品Aのウェーハ90aでは、図11に示すように、第76分割領域 DA_{76} に設定されたチップ群102には、8個のチップが属する。また、製品Bのウェーハ90bでは、図12に示すように、第76分割領域 DA_{76} に設定されたチップ群104には、4個のチップが属する。また、製品Cのウェーハ90cでは、図13に示すように、第76分割領域 DA_{76} に設定されたチップ群106には、1個のチップが属する。

【0029】

特徴量計算ユニット76は、各ウェーハのパス／フェイルマップに基づいて、各分割領域のチップ群に含まれる電気的テストのそれぞれに対する不良チップ数を統計的に処理して特徴量を算出し、特徴量データベース64に格納する。第1の実施の形態では、異なる製品間でのクラスタリング不良パターンの比較を行うために、各製品のクラスタリング不良パターンを共通する特徴量で定量化する。クラスタリング不良パターンの定量化のために、特徴量は図9で定義した各分割領域に属するチップ群についての不良数に関する統計量として、チップ群に含まれる不良チップ数と全チップ数の比の不良密度を求める。実施される電気的テストは、各製品によって異なるため、電気的テスト毎に不良密度が計算される。各ウェーハで計算された不良密度は、製品毎に電気的テスト及び分割領域番号を表示した表にして特徴量データベース64に格納される。例えば、製品Aでは、図14に示すように、各ウェーハの不良密度が電気的テスト及び分割領域番号毎に示されている。また、特徴量計算ユニット76は、図4に示した類似電気的テスト1～類似電気的テスト3に基づいて、製品A、B、Cで実施される電気的テストを分類して表にまとめる。例えば、製品Bでは、図4に示した互いに類似するファンクションテスト及び他のロジックテストに対する不良密度の成分が加算されている。

【0030】

カテゴリ化ユニット78は、特徴量データベース64から、全製品のウェーハの特徴量を取得し、各ウェーハ間で特徴量の相関を求めてクラスタリング不良パターンのカテゴリ化を行う。カテゴリ化を行うため、カテゴリ化ユニット78は、図15に示すように、例えば製品Aのウェーハ1と製品Bのウェーハ5について、類似電気的テスト1～類似電気的テスト3に対して同一の分割領域での不良密度の各成分を対応させる。製品Aのウェーハ1及び製品Bのウェーハ5について求めた図15の表より、対応する不良密度成分を散布図にしたグラフを図16に示す。図16に示した散布図より求まる製品Aのウェーハ1及び製品Bのウェーハ5の不良密度の相関係数 R は、0.92となる。このように、不良密度の相関係数 R が高い値を示すことから、製品Aのウェーハ1及び製品Bのウェーハ5の不良パターンは互いに類似していると判定できる。他の2ウェーハ間の組み合わせにつ

いても同様に、類似電氣的テスト1～類似電氣的テスト3に対して同一の分割領域の特徴量成分を対応させた表から不良密度成分の散布図を作成する。

【0031】

作成した散布図に基づいて、図17に示すように、全てのウェーハの組について相関係数Rを求める。相関係数Rが予め設定した閾値以上であるウェーハの組の不良パターンは互いに類似と判定する。例えば、相関係数Rの閾値を0.8に設定し、図17のウェーハ1～ウェーハ13間の組み合わせの相関係数Rから、クラスタリング不良パターンを分類する。第1の実施の形態では、図18及び図19に示すように、ウェーハ1～ウェーハ13のパス／フェイルマップ100a～100mに示されたクラスタリング不良パターンはカテゴリ1～カテゴリ6に分類することができる。例えば、製品Aのウェーハ1と、製品Bのウェーハ5及び製品Cのウェーハ10との相関係数Rは、それぞれ0.92及び0.91である。また、製品Bのウェーハ5と製品Cのウェーハ10との相関係数Rは0.87である。ウェーハ1、ウェーハ5、及びウェーハ10をカテゴリ化し、識別子カテゴリ1を付す。同様にして、製品Aのウェーハ2、製品Bのウェーハ6、ウェーハ8、及び製品Cのウェーハ11がカテゴリ2にカテゴリ化される。また、製品Aのウェーハ3、製品Bのウェーハ7、及び製品Cのウェーハ12がカテゴリ3にカテゴリ化される。図19に示したカテゴリ4～カテゴリ6の製品Aのウェーハ4、製品Bのウェーハ9、及び製品Cのウェーハ13には、それぞれ独自のクラスタリングパターンを示す。カテゴリ化ユニット78は、ウェーハ間の不良パターンの相関に基づいて取得されたクラスタリング不良パターンのカテゴリを不良カテゴリデータベース66に格納する。

【0032】

不良カテゴリ解析ユニット80は、不良カテゴリデータベース66から、カテゴリ化されたクラスタリング不良パターンの各カテゴリに属するウェーハの製造履歴に基づいて、製造装置履歴の偏りを統計的に解析して不良原因の判定を行う。ウェーハ1～ウェーハ13のパス／フェイルマップ100a～100mには、図18及び図19に示したように、カテゴリ1～カテゴリ6のクラスタリング不良パターンが発生している。上記したように、図18に示したカテゴリ1～カテゴリ3には、複数の製品に渡って共通したクラスタリング不良パターンが発生していることが分かる。したがって、カテゴリ1～カテゴリ3に属するクラスタリング不良は製造ライン起因の不良であると判定できる。各不良カテゴリに属するウェーハの製造装置履歴の偏りをカイ2乗(χ^2)検定で解析することで、原因となった製造装置を検出することが可能となる。

【0033】

製造装置履歴の偏りを検出するために、まず、着目するクラスタリング不良パターンが存在するウェーハ及び存在しないウェーハの集合を形成する。プロセスpにおいて、n台の製造装置m1、m2、・・・、mnが使用されているとする。調査対象とする期間において、各製造装置m1、m2、・・・、mnの処理ウェーハ数を、a1、a2、・・・、anと表記する。ai (i=1, 2, ..., n) は製造装置miの処理ウェーハ数を表す。ここで、プロセスpでの総処理ウェーハ数は、

$$A = a_1 + a_2 + \dots + a_n \quad (1)$$

である。また、着目するクラスタリング不良パターンが存在するウェーハの各製造装置m1、m2、・・・、mnでの不良ウェーハ数を、f1、f2、・・・、fnと表記する。fiは製造装置miが処理した不良ウェーハ数を表す。ここで、総不良ウェーハ数は、

$$F = f_1 + f_2 + \dots + f_n \quad (2)$$

である。

【0034】

次に、各製造装置m1、m2、・・・、mnの不良ウェーハ数f1、f2、・・・、fnの期待値を、e1、e2、・・・、enと表記する。ここで、不良ウェーハ数fiの期待値eiは、

$$e_i = F * a_i / A \quad (3)$$

である。不良ウェーハ数fiの χ^2 値を

$$\chi^2 i = (f i - e i)^2 / e i \quad (4)$$

とする。そして、工程 p における製造装置の偏りの検定値を、

$$\chi^2 p = \chi^2 1 + \chi^2 2 + \cdots + \chi^2 n \quad (5)$$

で求める。製造装置の偏りの検定値 $\chi^2 p$ を、自由度 (n-1) の χ^2 分布関数 $f(\chi^2, n-1)$ に代入して、

$$f(\chi^2 p, n-1) < 0.05 \quad (6)$$

であれば、95%以上の信頼度で工程 p における製造装置の偏りがあると判定される。検定値 $\chi^2 p$ が大きいほど、 $f(\chi^2 p, n-1)$ は小さくなる。例えば、プロセス p で 6 台の製造装置 m1 ~ m6 が使用されている場合、検定値 $\chi^2 p$ は 11 以上であれば、不等式 (6) の条件を満たす。なお、製造装置履歴データがウェーハ単位ではなく、ロット単位で存在する場合は、クラスタリング不良パターンが存在するロットと存在しないロットの集合を形成すればよい。その場合、上記に示した手順においてウェーハをロットに読み替えばよい。

【0035】

通常は、少量多品種製造ラインで製造される製品毎に不良パターンの分類が行われているため、断片的な不良発生状況しか把握できない。その結果、発生頻度の低いクラスタリング不良パターンでは原因となる製造装置の検出が極めて困難である。本発明の第1の実施の形態に係る不良検出システムでは、全ての製品を対象としてクラスタリング不良パターンの分類が行われる。その結果、製造ライン全体での不良発生状況が分かり、各製品で発生する同様のクラスタリング不良をカテゴリ化することにより、発生頻度の低いクラスタリング不良パターンの原因となる製造装置の検出が可能となる。

【0036】

一方、図19のカテゴリ4~カテゴリ6は、各々1つの製品でのみしか発生していない。このように、同じ製造ラインで処理されているにも関わらず、特定の製品でしかクラスタリング不良が発生しない場合は、製造装置の要因よりも、製品の仕様や設計等に問題がある比率が高いと推定される。各製品の仕様や設計条件を見直すことで、不良原因を検出することが可能となる。

【0037】

次に、本発明の第1の実施の形態に係る不良検出方法を、図20に示すフローチャートを用いて説明する。不良検出の対象となる多品種の半導体装置のウェーハは、製造ラインで製造され、図1に示した生産管理サーバ50により各ウェーハの製造情報が製品情報データベース52に格納されている。

【0038】

(イ) まず、製造されたウェーハには、製造ライン上でテスターを用いて半導体装置の品種に対応する各種の電気的テストによるウェーハテストが実施される。ウェーハテストの結果は、テスターを管理するテスターサーバ54によりウェーハテスト情報データベース56に格納される。

【0039】

(ロ) ステップS200で、図1に示したCPU60のウェーハテスト情報入力ユニット68により、複数のウェーハのウェーハテストの結果が格納されたウェーハテスト情報データベース56から、ウェーハ毎に各種の電気的テストの不良コードが付加されたパス/フェイルマップが取得される。

【0040】

(ハ) ステップS201で、製品情報入力ユニット70により、製造ラインで製造される半導体装置製品の品種、プロセス、及び製造装置等の製品情報が製品情報データベース52から取得され、各ウェーハのパス/フェイルマップに付加される。

【0041】

(ニ) ステップS202で、類似テスト情報入力ユニット72により、ウェーハテストで各ウェーハに実施される電気的テストを類似不良に対応して分類した類似テスト情報が類似テスト情報データベース58から取得される。

【0042】

(ホ) ステップS203で、分割領域設定ユニット74により、半導体装置製品の種類に依存しない方法によりウェーハ面内に設定された分割領域が分割領域データベース62から取得される。更に、分割領域設定ユニット74により、ウェーハテスト情報入力ユニット68で取得されたパス/フェイルマップについて各分割領域に属するチップ群が求められる。ステップS204で、対象の全製品の全ウェーハについて分割領域が設定されるまで、ステップS203の分割領域の設定が繰り返される。

【0043】

(ヘ) ステップS205で、特徴量計算ユニット76により、各ウェーハのパス/フェイルマップに基づいて、各分割領域のチップ群に含まれる不良チップ数を統計的に処理して特徴量、例えば不良密度が算出される。更に、ステップS206で、類似テスト情報に基づいて同一ウェーハのパス/フェイルマップの類似不良の不良密度が加算される。各ウェーハのパス/フェイルマップで算出された不良密度は、特徴量データベース64に格納される。ステップS207で、全ての対象となるウェーハについて不良密度が算出されるまで、ステップS205及びステップS206の不良密度の計算が繰り返される。

(ト) ステップS208で、カテゴリ化ユニット78により、特徴量データベース64から取得した全製品のウェーハの不良密度について、各ウェーハ間で不良密度の相関係数Rが算出される。ステップS209で、全ての対象となるウェーハの組の相関係数Rが計算されるまで、ステップS208の相関係数Rの計算が繰り返される。更に、カテゴリ化ユニット78により、ステップS210で、相関係数Rが予め設定した閾値以上であるウェーハの組の不良パターンは互いに類似と判定して分類し、クラスタリング不良パターンのカテゴリ化が行われる。カテゴリ化されたクラスタリング不良パターンは、不良カテゴリデータベース66に格納される。

【0044】

(チ) ステップS211で、不良カテゴリ解析ユニット80により、不良カテゴリデータベース66から、カテゴリ化されたクラスタリング不良パターンの各カテゴリに属するウェーハのパス/フェイルマップが取得される。同一カテゴリに属するウェーハが複数の製品に渡って存在する場合、カテゴリに属する各ウェーハの製造履歴に基づいて、製造装置履歴の偏りを統計的に解析して不良原因となる製造装置の検出が行われる。

【0045】

このように、チップサイズが異なる半導体装置製品を製造し、且つ、ウェーハテストとして各種の電気的テストが行われる少量多品種製造ラインにおいて、製品に依らないチップサイズ以上の領域分割を設定する。また、類似する電気的テストを関連付け、各分割領域の類似不良を電気的テストの種類について定量化した特徴量を算出する。したがって、全ての製品を対等に扱う定量化が可能となり、製品を越えた不良パターン分類を行うことができる。これにより少量多品種製造ラインでの不良検出方法が可能となる。

【0046】

なお、第1の実施の形態では、製造ラインの全生産品種を対象としたが、製造ラインの状況により一部の製品に限定してもよい。例えば、意図的に全く異なる製造条件で生産された製品があり、量産品種と区別したい場合は、該当する品種を除いて第1の実施の形態に係る不良検出方法を適用すればよい。

【0047】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態に係る不良検出システムは、図21に示すように、製品情報データベース52、ウェーハテスト情報データベース56、類似テスト情報データベース58、分割領域データベース62、特徴量データベース64、不良カテゴリデータベース66、及びCPU60a等を備える。製品情報データベース52は、生産管理サーバ50に接続されている。また、ウェーハテスト情報データベース56及び類似テスト情報データベース58は、テスターサーバ54に接続されている。CPU60aには、入力装置82、出力装置84、プログラム記憶装置86、及びデータ記憶装置88が接続されている。

。更に、CPU 60aは、ウェーハテスト情報入力ユニット68、製品情報入力ユニット70、類似テスト情報入力ユニット72、分割領域設定ユニット74、特徴量計算ユニット76、カテゴリ化ユニット78、不良カテゴリ解析ユニット80及び分割領域最適化ユニット81等を備えている。

【0048】

第2の実施の形態に係る不良検出システムは、図1に示した第1の実施の形態に係る不良検出システムと比較すれば、CPU 60aに分割領域最適化ユニット81を備えている点が異なる。他の構成は第1の実施の形態と同様であるので、重複する記載は省略する。

【0049】

分割領域設定ユニット74は、分割領域データベース62から複数の設定方法によりウェーハ面に設定される複数の分割領域設定を取得する。複数の分割領域設定のそれぞれについて、特徴量計算ユニット76、カテゴリ化ユニット78及び不良カテゴリ解析ユニットにより、カテゴリ化された不良カテゴリに属する各ウェーハの製造履歴に基づいて、製造装置履歴の偏りを統計的に解析して不良原因となる製造装置の検出が行われる。分割領域最適化ユニット81は、複数の分割領域設定のそれぞれで取得された不良カテゴリの類似性を判定し、類似する不良カテゴリのそれぞれについて製造装置履歴の偏りの検定値と比較することにより、不良原因となるプロセス及び製造装置を検出する。

【0050】

第1の実施の形態では、図8に示したように、ウェーハ90の面を分割円 $DR_1 \sim DR_3$ で4区分、分割線 $DL_1 \sim DL_8$ で8区分し、半導体装置製品に依存しない共通した分割領域を設定している。各分割領域の面積はチップ面積より大きくなるよう設定されている。このようにして、各ウェーハから得られたパス／フェイルマップのクラスタリング不良パターンを分類することができる。しかし、クラスタリング不良パターンには様々なサイズがあり、図8に示した領域分割方法が最適とは必ずしも言えない。分割領域がクラスタリング不良パターンに対して不適切であると、不良カテゴリ内に異質な不良パターンを持つウェーハ、あるいはロットのパス／フェイルマップが混入して分類される可能性がある。製造装置履歴の偏りを統計検定するとき、不良原因製造装置が検知できなくなることや、検出感度が低くなり、誤った結果を出力することもある。

【0051】

例えば、図8に示した領域分割方法で新たに少量多品種製造ラインの全生産製品についてクラスタリング不良パターンの分類を行う。その結果、図22に示すように、新たに不良カテゴリとして、カテゴリ7及びカテゴリ8が分類されている。図22では代表的な例として、カテゴリ7及びカテゴリ8に属するウェーハのパス／フェイルマップ100n、100oが示されている。例えば、カテゴリ7は、FC不良の不良チップ領域94cがパス／フェイルマップ100nの右側に多数存在する大きなサイズのクラスタリング不良パターンである。一方、カテゴリ8は、DC不良の不良チップ領域96bがパス／フェイルマップ100oの左下側に少数存在する小さなサイズのクラスタリング不良パターンである。カテゴリ7、8それぞれに属するウェーハのプロセス及び製造装置履歴を取得し、不良ウェーハの処理数の偏りを χ^2 検定で解析する。その結果、カテゴリ7では、最も高い検定値13.6を示しているプロセス番号136の製造装置M1が異常と判定される。また、カテゴリ8では、最も高い検定値12.7を示しているプロセス番号96の製造装置P1が異常と判定される。

【0052】

第2の実施の形態では、ウェーハ面内の分割領域設定を変化させて、同様のクラスタリング不良パターンのカテゴリ化、プロセス及び製造装置履歴の検定を行う。領域分割方法として、分割円の区分数を、第1の実施の形態の4区分だけでなく、1～j区分とする。また、分割線の区分数を、第1の実施の形態の8区分だけでなく、2～k区分とする。1～j区分の分割円及び2～k区分の分割線の組み合わせにより、例えばn通りの領域分割方法を設定し、予め分割領域データベース62に格納する。例えば、領域分割の一例では、図23に示すように、5区分の分割円 $DR_1 \sim DR_4$ 、及び8区分の分割線 $DL_1 \sim DL_8$

を用いている。また、領域分割の他の例では、図24に示すように、3区分の分割円 DR_1 、 DR_2 、及び12区分の分割線 $DL_1 \sim DL_{12}$ を用いている。

【0053】

分割領域設定ユニット74は、分割領域データベース62に格納されている領域分割方法に基づいて複数の分割領域設定を各ウェーハのパス／フェイルマップに実施する。分割領域最適化ユニット81は、分割領域設定のそれぞれに対してパス／フェイルマップから得られたクラスタリング不良パターンのカテゴリ間の類似性を判定する。判定は、異なる領域分割設定で得られるカテゴリのそれぞれに属するウェーハの製品名、ロット番号、ウェーハ番号等の製品情報を調査し、同じ製品情報のウェーハが含まれている割合がカテゴリのそれぞれで閾値以上あった場合、それぞれのカテゴリは類似していると判定する。類似していると判定されたクラスタリング不良パターンは同じカテゴリに分類され、不良カテゴリデータベース66に格納される。第2の実施の形態では、例えば類似判定の閾値として40%を用いる。図22に示したカテゴリ7、8に類似すると判定された複数の領域分割方法に対する検定の結果が、図25に示されている。

【0054】

図25より、カテゴリ7に対しては、領域分割方法に対する検定値の変化より、最適な領域分割方法D1が存在している。領域分割方法D1は、2区分の分割円及び5区分の分割線を用いている。領域分割方法D1で得たカテゴリ7の不良ウェーハ数で、製造装置履歴の偏りに関する検定を行う。その結果、図22の領域分割方法よりも高い検定値27.6で、同じプロセス番号136及び製造装置M1が異常と判定されている。一方、カテゴリ8に対しては、領域分割方法に対する検定値の変化より、最適な領域分割方法D2が存在している。領域分割方法D2は、6区分の分割円及び12区分の分割線を用いている。領域分割方法D2で得られたカテゴリの不良ウェーハ数で製造装置履歴の偏りに関する検定を行う。その結果、図22の領域分割方法よりも高い検定値24.3で、別のプロセス番号82及び製造装置P2が異常と判定されている。図22で取得されたカテゴリには、別のクラスタリング不良パターンを持つウェーハが混入して、製造装置履歴の偏りに関する検定に誤りが生じる。第2の実施の形態に係る不良検出システムでは、複数の領域分割方法を用いることにより、発生しているクラスタリング不良パターンに最適な領域分割方法が選択される。したがって、少量多品種の製造ラインでも、クラスタリング不良パターンのカテゴリ化エラーを低減させ、不良原因となるプロセス及び製造装置を高感度に検出することが可能となる。

【0055】

次に、本発明の第2の実施の形態に係る不良検出方法を、図26に示すフローチャートを用いて説明する。不良検出の対象となる多品種の半導体装置のウェーハは、製造ラインで製造され、ウェーハテストが実施されている。

【0056】

(イ) まず、ステップS401で、図21に示したCPU60aのウェーハテスト情報入力ユニット68により、複数のウェーハのウェーハテストの結果が格納されたウェーハテスト情報データベース56から、パス／フェイルマップが取得される。

【0057】

(ロ) ステップS402で、製品情報入力ユニット70により、製造ラインで製造される半導体装置製品の製品情報が製品情報データベース52から取得され、各ウェーハのパス／フェイルマップに付加される。

【0058】

(ハ) ステップS403で、類似テスト情報入力ユニット72により、ウェーハテストで各ウェーハに実施される電氣的テストを類似不良に対応して分類した類似テスト情報が類似テスト情報データベース58から取得される。

【0059】

(ニ) ステップS404で、領域分割方法I ($I=1 \sim n$) に対して、 $I=1$ とし、分割領域設定ユニット74により、ステップS405で、領域分割方法1が分割領域データ

ベース 62 から取得される。更に、分割領域設定ユニット 74 により、ウェーハテスト情報入力ユニット 68 で取得されたパス／フェイルマップについて領域分割方法 1 で分割された各分割領域に属するチップ群が求められる。ステップ S 406 で、対象の全製品の全ウェーハについて分割領域が設定されるまで、分割領域方法 1 の設定が繰り返される。

【0060】

(ホ) ステップ S 407 で、特徴量計算ユニット 76 により、各ウェーハのパス／フェイルマップに基づいて、各分割領域のチップ群に含まれる不良チップ数を統計的に処理して特徴量が算出される。更に、ステップ S 408 で、類似テスト情報に基づいて同一ウェーハのパス／フェイルマップの類似不良の特徴量が加算される。各ウェーハのパス／フェイルマップで算出された特徴量は、特徴量データベース 64 に格納される。ステップ S 409 で、全ての対象となるウェーハについて特徴量が算出されるまで、ステップ S 407 及びステップ S 408 の特徴量の計算が繰り返される。

(ヘ) ステップ S 410 で、カテゴリ化ユニット 78 により、特徴量データベース 64 から取得した全製品のウェーハの特徴量について、各ウェーハ間で特徴量の相関係数 R が算出される。ステップ S 411 で、全ての対象となるウェーハの組の相関係数 R が計算されるまで、ステップ S 410 の相関係数 R の計算が繰り返される。更に、カテゴリ化ユニット 78 により、ステップ S 412 で、相関係数 R が予め設定した閾値以上であるウェーハの組の不良パターンを互いに類似と判定して分類し、クラスタリング不良パターンのカテゴリ化が行われる。カテゴリ化されたクラスタリング不良パターンは、不良カテゴリデータベース 66 に格納される。

【0061】

(ト) ステップ S 413 で、不良カテゴリ解析ユニット 80 により、不良カテゴリデータベース 66 から、カテゴリ化されたクラスタリング不良パターンの各カテゴリに属するウェーハのパス／フェイルマップが取得される。同一カテゴリに属するウェーハが複数の製品に渡って存在する場合、カテゴリに属する各ウェーハの製造履歴に基づいて、製造装置履歴の偏りを統計的に解析して不良原因となる製造装置の検定値が算出される。

【0062】

(チ) ステップ S 414 で、領域分割方法 1 を領域分割方法 2 として、ステップ S 415 で、領域分割方法 n となるまで、ステップ S 405 ～ S 414 の処理を繰り返す。

【0063】

(リ) ステップ S 416 で、分割領域最適化ユニット 81 により、領域分割方法 1 ～ 領域分割方法 n による分割領域設定のそれぞれに対してパス／フェイルマップから得られたクラスタリング不良パターンのカテゴリ間の類似性が判定される。類似していると判定されたクラスタリング不良パターンは同一カテゴリに分類され、不良カテゴリデータベース 66 に格納される。更に、分割領域最適化ユニット 81 により、同一カテゴリに属するウェーハが複数の領域分割方法に渡って存在する場合、カテゴリに属する各領域分割方法のそれぞれに対して算出された検定値を比較し、最大の検定値を与える領域分割方法により、不良原因となるプロセス及び製造装置の検出が行われる。

【0064】

このように、本発明の第 2 の実施の形態に係る不良検出方法によれば、複数の領域分割方法を用いて、類似するクラスタリング不良パターンのカテゴリ化を行い、同一カテゴリに属する不良ウェーハ数の検定を領域分割方法のそれぞれに対して行う。したがって、少量多品種の製造ラインでも、クラスタリング不良パターンのカテゴリ化エラーを低減させ、不良原因となるプロセス及び製造装置を高感度に検出することが可能となる。

【0065】

(その他の実施の形態)

上記のように、本発明の実施の形態を記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者にはさまざまな代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

【0066】

本発明の第1及び第2の実施の形態においては、特徴量として不良密度を用いて説明している。しかし、特徴量として他の統計量を用いてもよい。例えば各分割領域への不良の偏りの程度を定量化したものでもよい。定量化の方法として、着目する分割領域の不良密度を f_1 、着目する分割領域以外の領域の不良密度を f_0 とした時、

$$k = 1 - 2 * f_0 / (f_1 + f_0) \quad (7)$$

を特徴量としてもよい。偏り k は着目する分割領域に完全に不良が偏った場合は +1、不良が均等に分布した時は 0、着目する分割領域以外に不良が偏った場合は -1 の値をとり、不良の偏りの程度に応じて +1 から -1 までの連続値をとる。また、別の定量化の方法として、分割領域への不良の偏りを χ^2 検定で求めてもよい。この場合、着目する分割領域の面積を A_1 、それ以外の領域の面積を A_0 として、

$$e_1 = (f_1 + f_0) * A_1 / (A_1 + A_0) \quad (8)$$

$$e_2 = (f_1 + f_0) * A_0 / (A_1 + A_0) \quad (9)$$

より、

$$\chi^2 = (f_1 - e_1)^2 / e_1 + (f_0 - e_0)^2 / e_0 \quad (10)$$

を求め、 χ^2 値を特徴量として用いてもよい。

【0067】

このように、本発明はここでは記載していないさまざまな実施の形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係わる発明特定事項によってのみ定められるものである。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る不良検出システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる少量多品種製造ラインの生産品種の一例を示す表である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる電気的テスト項目の一例を示す表である。

【図4】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる互いに類似する電気的テストモードのグループ化の一例を示す表である。

【図5】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる製品Aのウェーハテスト結果の一例を示す図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる製品Bのウェーハテスト結果の一例を示す図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる製品Cのウェーハテスト結果の一例を示す図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態の説明に用いるウェーハ面内の領域分割方法の一例を示す図である。

【図9】本発明の第1の実施の形態の説明に用いるウェーハ面内に設定した分割領域の一例を示す表である。

【図10】本発明の第1の実施の形態の説明に用いるウェーハ面内に設定した分割領域の一例を示す図である。

【図11】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる製品Aに設定した分割領域に含まれるチップ群の一例を示す図である。

【図12】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる製品Bに設定した分割領域に含まれるチップ群の一例を示す図である。

【図13】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる製品Cに設定した分割領域に含まれるチップ群の一例を示す図である。

【図14】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる特徴量の各成分の一例を示す表である。

【図15】本発明の第1の実施の形態の説明に用いる類似する電気的テストに対して

同一の分割領域で 2 ウェーハの特徴量成分を対応させた一例を示す表である。

【図 16】本発明の第 1 の実施の形態の説明に用いる類似する電氣的テストに対して同一の分割領域の特徴量成分で作成した散布図である。

【図 17】本発明の第 1 の実施の形態の説明に用いる全ての分類対象ウェーハの組で求めた特徴量成分の相関係数の一例を示す表である。

【図 18】本発明の第 1 の実施の形態の説明に用いる相関係数より互いに類似する不良パターンをカテゴリ化した一例を示す図である。

【図 19】本発明の第 1 の実施の形態に係る相関係数より独自の不良パターンをカテゴリ化した一例を示す図である。

【図 20】本発明の第 1 の実施の形態に係る不良検出方法の一例を示すフローチャートである。

【図 21】本発明の第 2 の実施の形態に係る不良検出システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図 22】本発明の第 2 の実施の形態の説明に用いる不良カテゴリと製造装置履歴の偏りに関する検定結果の一例を示す図である。

【図 23】本発明の第 2 の実施の形態の説明に用いる領域分割方法の一例を示す図である。

【図 24】本発明の第 2 の実施の形態の説明に用いる領域分割方法の他の例を示す図である。

【図 25】本発明の第 2 の実施の形態の説明に用いる最適化した領域分割方法による異常装置の検出結果の一例を示す図である。

【図 26】本発明の第 2 の実施の形態に係る不良検出方法の一例を示すフローチャートである。

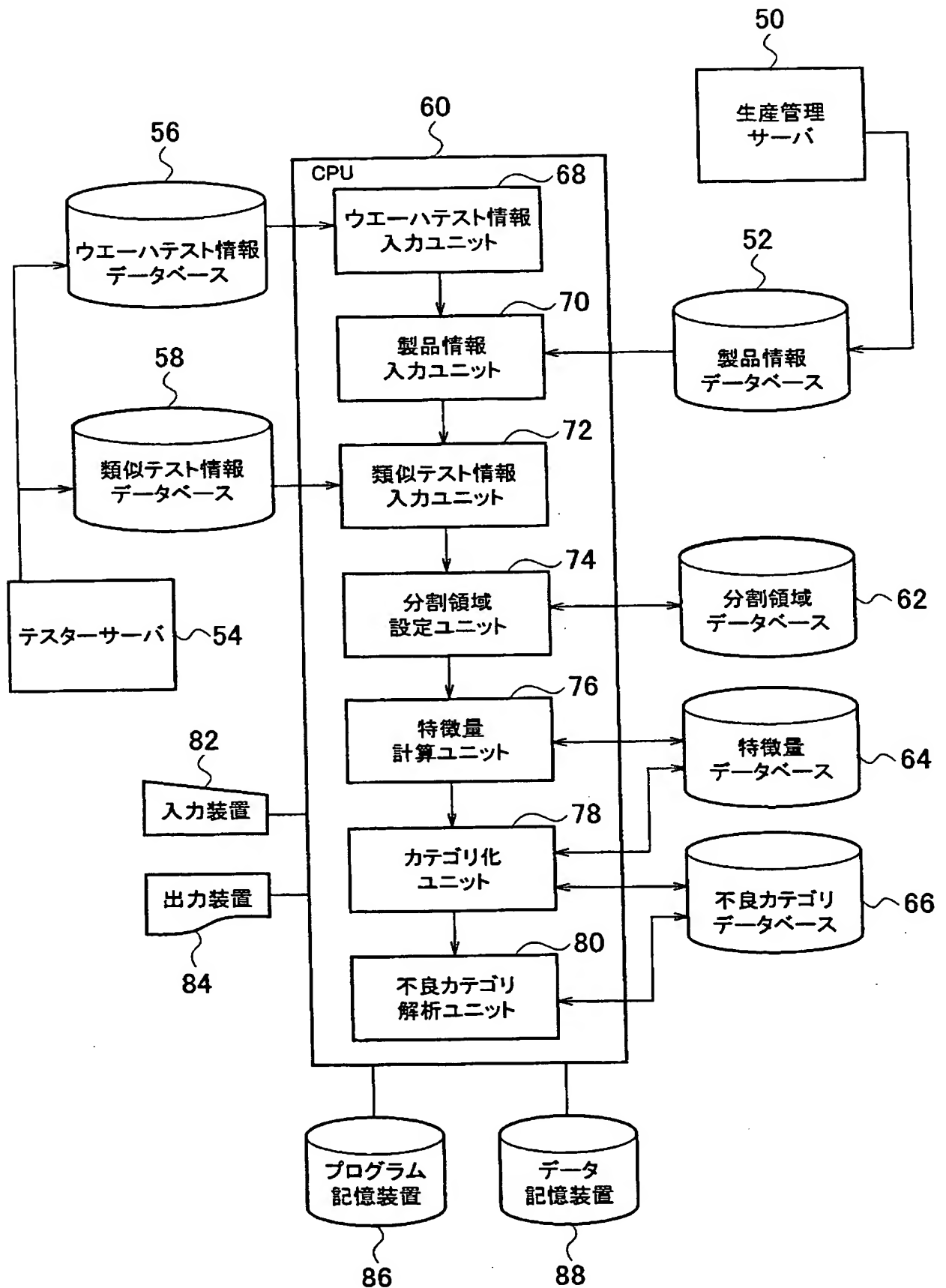
【符号の説明】

【0069】

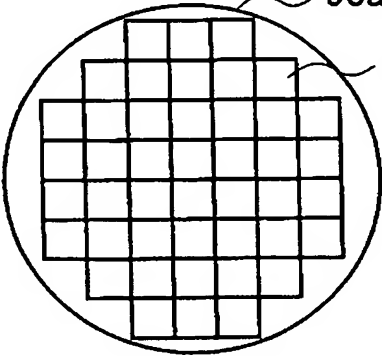
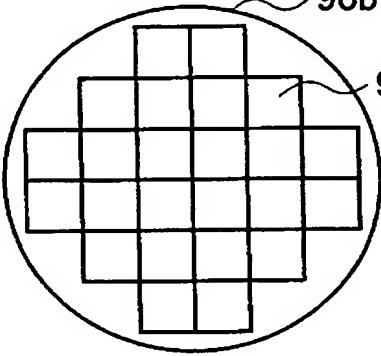
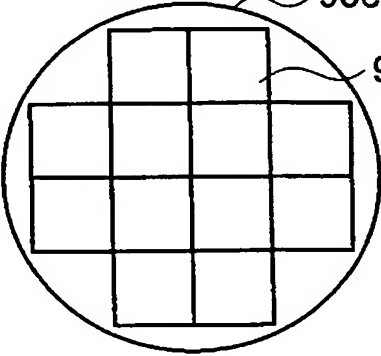
- 50 生産管理サーバ
- 52 製品情報データベース
- 54 テスターサーバ
- 56 ウェーハテスト情報データベース
- 58 類似テスト情報データベース
- 60 CPU
- 62 分割領域データベース
- 64 特徴量データベース
- 66 不良カテゴリデータベース
- 68 ウェーハテスト情報入力ユニット
- 70 製品情報入力ユニット
- 72 類似テスト情報入力ユニット
- 74 分割領域設定ユニット
- 76 特徴量計算ユニット
- 78 カテゴリ化ユニット
- 80 不良カテゴリ解析ユニット
- 81 分割領域最適化ユニット
- 82 入力装置
- 84 出力装置
- 86 プログラム記憶装置
- 88 データ記憶装置
- 90、90a～90c ウェーハ
- 92、94、96 チップ
- 92a、94a、96a 良品チップ領域
- 92b～92d、94b～94e、96b～96d 不良チップ領域

1 0 0 a ~ 1 0 0 o パス／フェイルマップ
1 0 2、1 0 4、1 0 6 チップ群

【書類名】図面
【図1】



【図 2】

品種名	製品	チップ配置
製品A	メモリ	 <p>90a ウェーハ 92 チップ</p>
製品B	ロジック	 <p>90b ウェーハ 94 チップ</p>
製品C	メモリ混載 ロジック	 <p>90c ウェーハ 96 チップ</p>

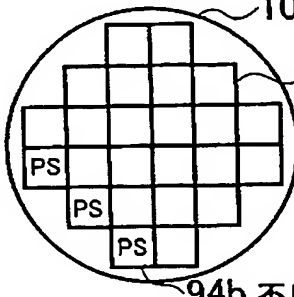
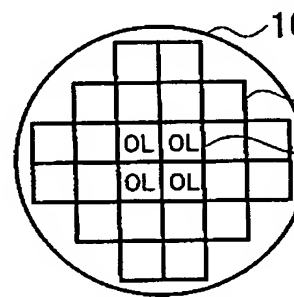
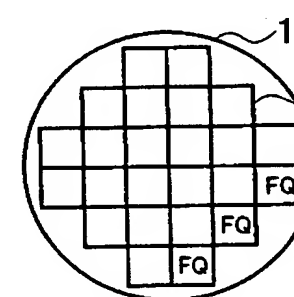
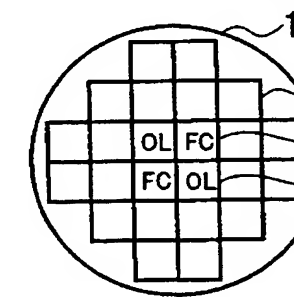
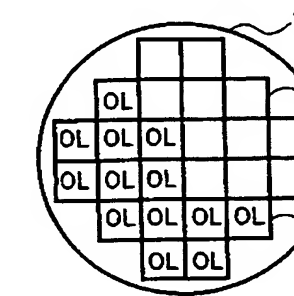
【図 3】

製品A		製品B		製品C	
電氣的テスト	不良コード	電氣的テスト	不良コード	電氣的テスト	不良コード
DC	DC	パワーショート	PS	DC	DC
ファンクション	FC	ファンクション	FC	AD/DA1	A1
マージン	MA	周波数	FQ	AD/DA2	A2
		他のロジック	OL		

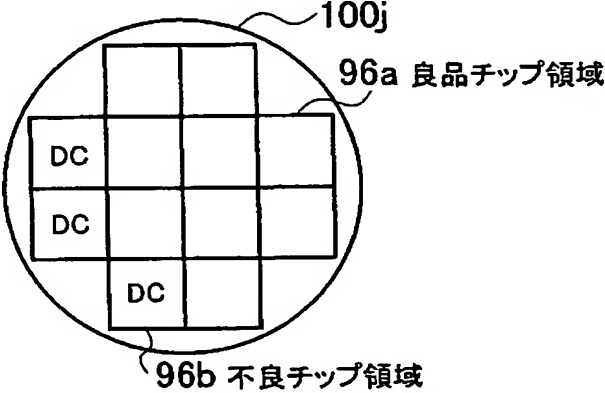
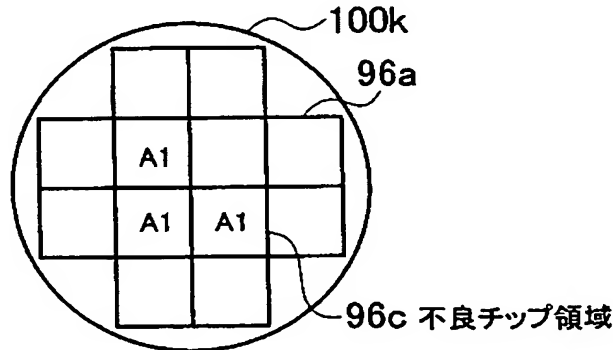
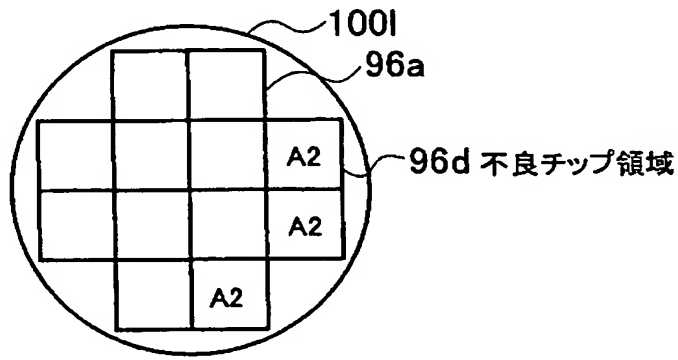
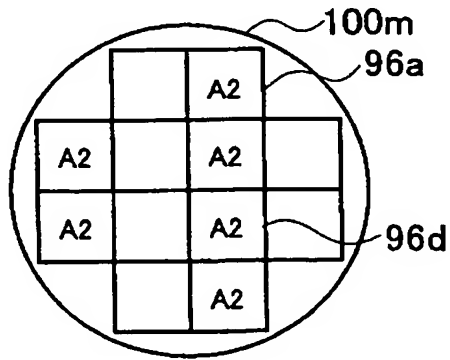
【図 4】

類似電氣的テスト1			類似電氣的テスト2			類似電氣的テスト3		
製品	電氣的テスト	不良コード	製品	電氣的テスト	不良コード	製品	電氣的テスト	不良コード
製品A	DC	DC	製品A	ファンクション	FC	製品A	マージン	MA
製品B	パワーショート	PS	製品B	ファンクション	FC	製品B	周波数	FQ
製品C	DC	DC	製品B	他のロジック	OL	製品C	AD/DA2	A2
			製品C	AD/DA1	A1			

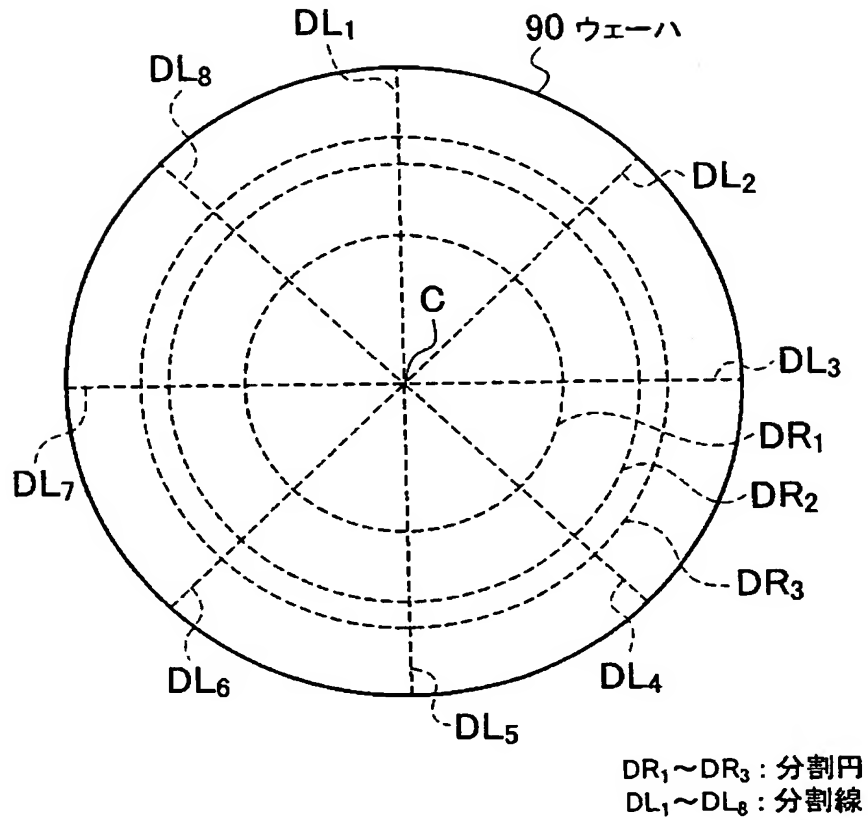
【図 6】

製品B ウェーハ番号	電氣的テスト結果
5	 <p>100e</p> <p>94a 良品チップ領域</p> <p>94b 不良チップ領域</p>
6	 <p>100f</p> <p>94a</p> <p>94e 不良チップ領域</p>
7	 <p>100g</p> <p>94a</p> <p>94d 不良チップ領域</p>
8	 <p>100h</p> <p>94a</p> <p>94c 不良チップ領域</p> <p>94e</p>
9	 <p>100i</p> <p>94a</p> <p>94e</p>

【図 7】

製品C ウェーハ番号	電気的テスト結果
10	 <p>100j</p> <p>96a 良品チップ領域</p> <p>DC</p> <p>DC</p> <p>DC</p> <p>96b 不良チップ領域</p>
11	 <p>100k</p> <p>96a</p> <p>A1</p> <p>A1</p> <p>A1</p> <p>96c 不良チップ領域</p>
12	 <p>100l</p> <p>96a</p> <p>A2</p> <p>A2</p> <p>A2</p> <p>96d 不良チップ領域</p>
13	 <p>100m</p> <p>96a</p> <p>A2</p> <p>A2</p> <p>A2</p> <p>A2</p> <p>A2</p> <p>96d</p>

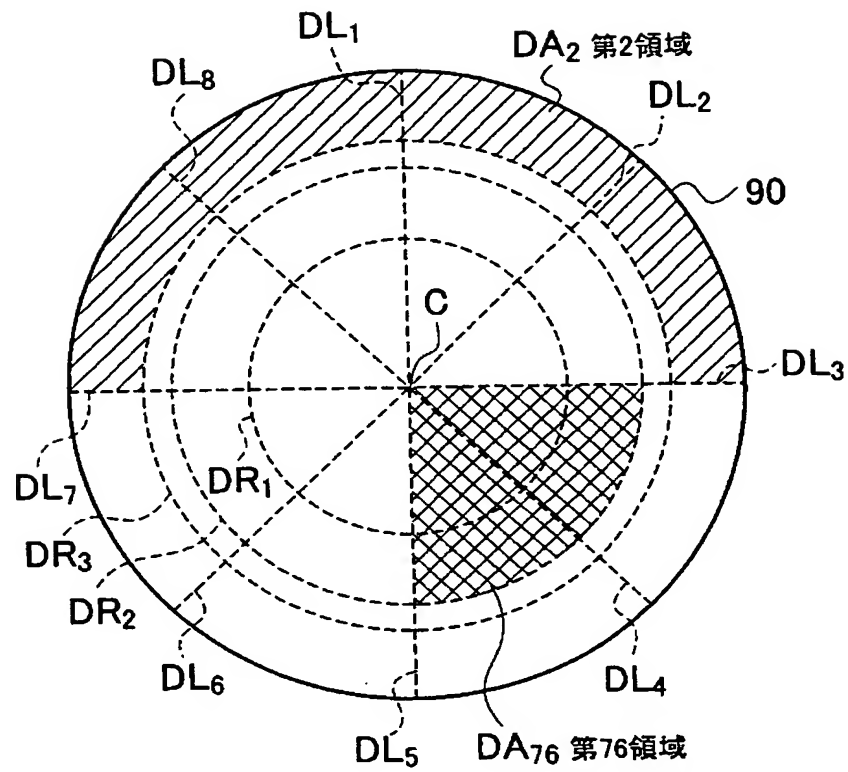
【図 8】



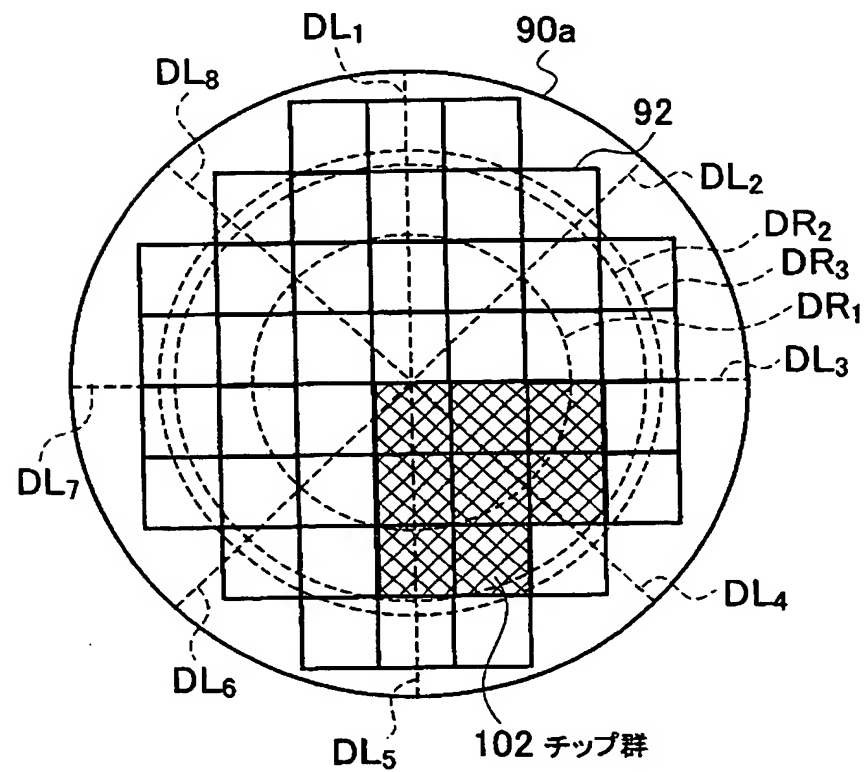
【図 9】

領域番号	分割領域
1	[DR ₃ 外側]V[DL ₃ -DL ₄ -DL ₅ -DL ₆ -DL ₇]
2	[DR ₃ 外側]V[DL ₇ -DL ₈ -DL ₁ -DL ₂ -DL ₃]
3	[DR ₂ 外側]V[DL ₈ -DL ₁ -DL ₂ -DL ₃ -DL ₄]
⋮	⋮
76	[DR ₂ 内側]V[DL ₃ -DL ₄ -DL ₅]
⋮	⋮
150	[DR ₁ 内側]V[DL ₄ -DL ₅ -DL ₆ -DL ₇ -DL ₈]

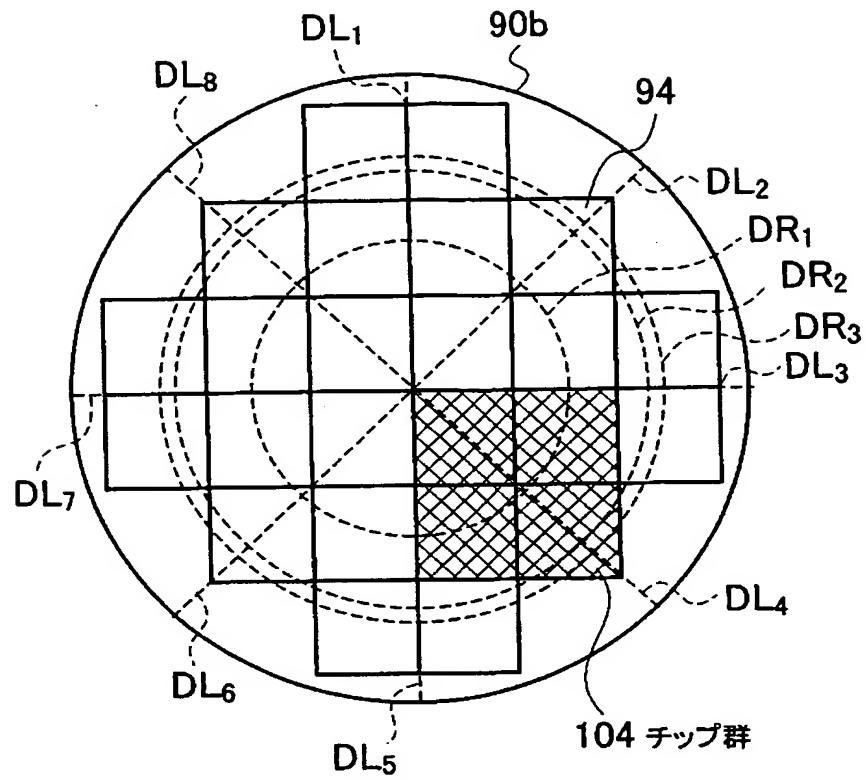
【図 10】



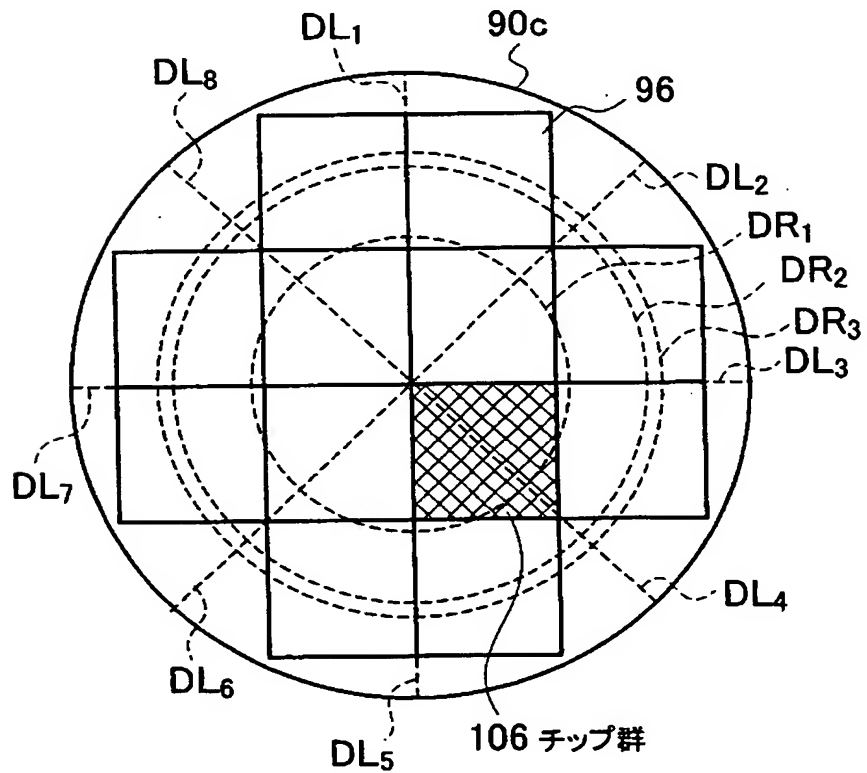
【図 11】



【図 12】



【図 13】



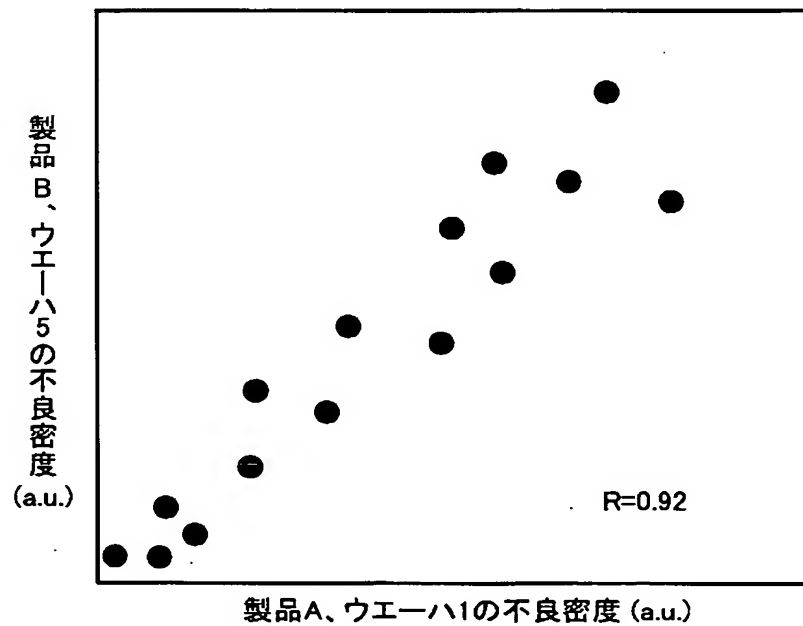
【図 14】

製品A					
電氣的テスト	領域番号	ウェーハ番号			
		1	2	3	4
DC	1	0.3	0	0.01	0.32
	2	0.5	0	0	0.12
	3	0.2	0.01	0	0.05
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	150	0.5	0	0	0.32
ファンクション	1	0	0.67	0	0
	2	0	0.23	0.02	0
	3	0.01	0.15	0	0.01
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	150	0	0.42	0	0
マージン	1	0	0	0.2	0.01
	2	0	0.01	0.1	0
	3	0	0	0.03	0
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	150	0.02	0	0.12	0

【図 15】

類似電氣的 テスト	製品A、ウエーハ1			製品B、ウエーハ5		
	電氣的テスト	領域番号	不良密度	電氣的テスト	領域番号	不良密度
類似電氣的 テスト1	DC不良	1	0.3	パワーショート不良	1	0.28
		2	0.5		2	0.43
		3	0.2		3	0.1
		⋮	⋮		⋮	⋮
		150	0.5		150	0.67
類似電氣的 テスト2	ファンクション 不良	1	0	ファンクション不良 + 他のロジック不良	1	0
		2	0		2	0.01
		3	0.01		3	0
		⋮	⋮		⋮	⋮
		150	0		150	0
類似電氣的 テスト3	マージン不良	1	0	周波数不良	1	0
		2	0		2	0.01
		3	0		3	0
		⋮	⋮		⋮	⋮
		150	0.02		150	0

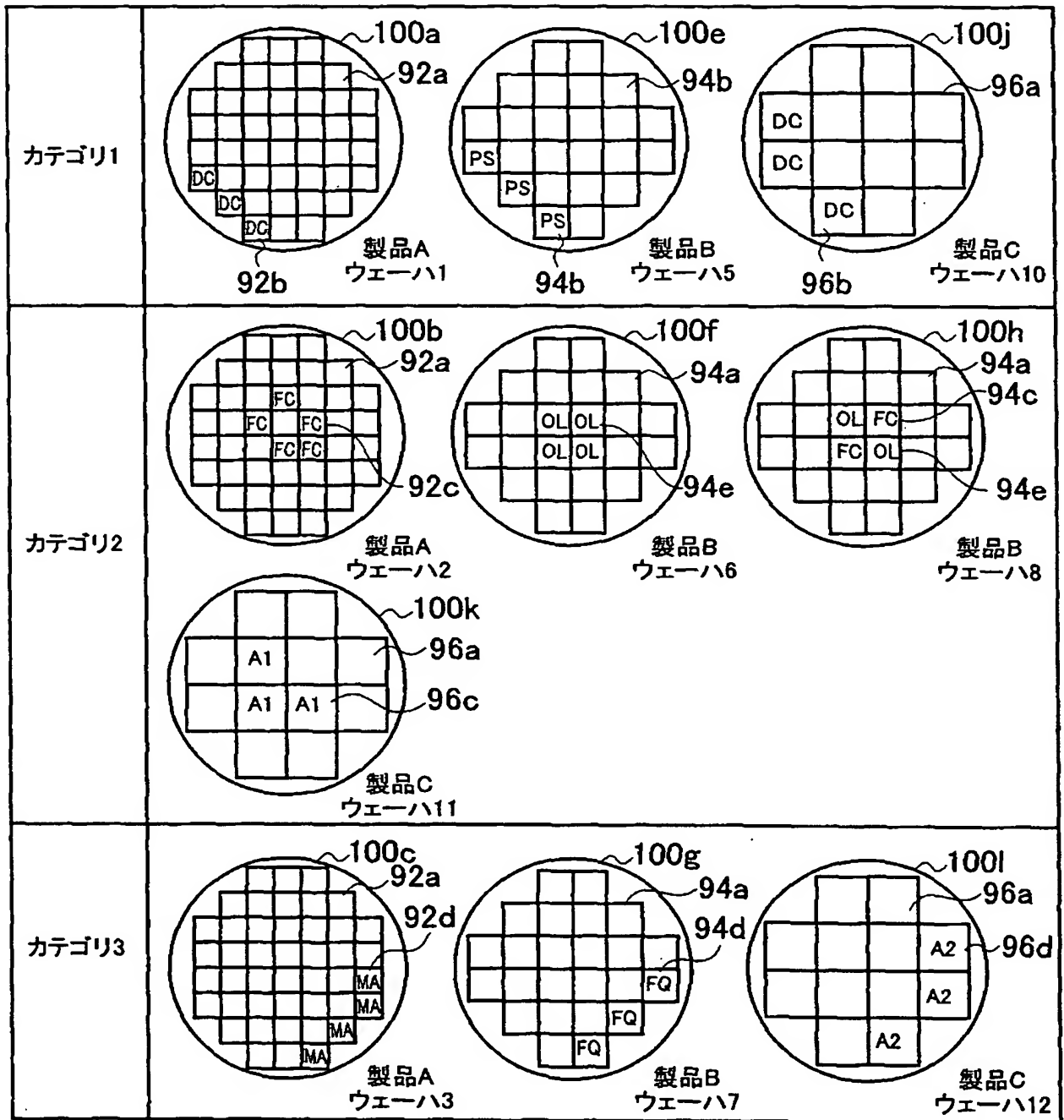
【図 16】



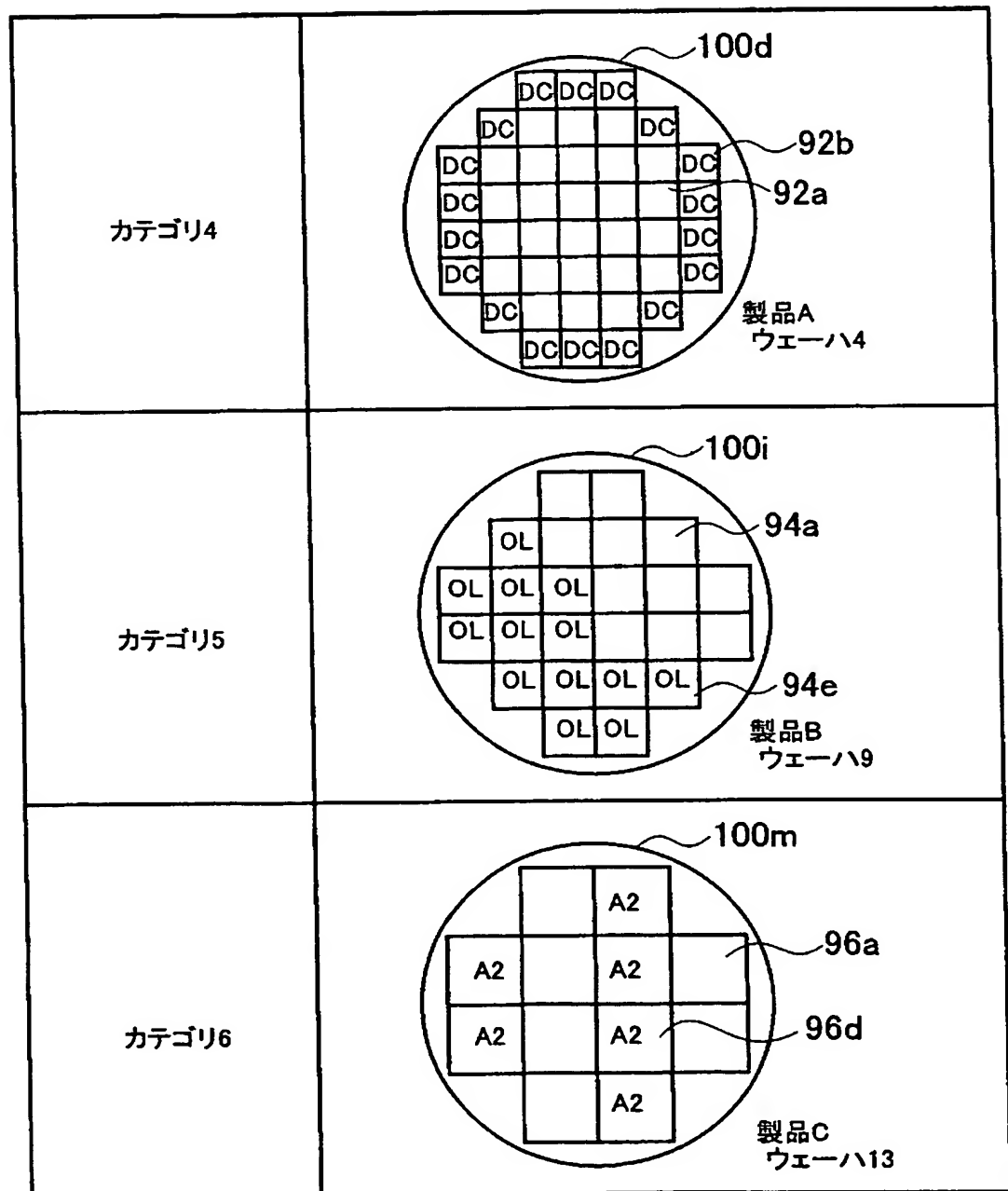
【図 17】

製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A	製品A
製品A	ウエーハ1	1	0.01	0.12	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
製品A	ウエーハ2	0.01	0.01	0.03	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
製品A	ウエーハ3	0.12	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
製品A	ウエーハ4	0.08	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
製品B	ウエーハ5	0.92	0.08	0.01	0.23	1	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
製品C	ウエーハ10	0.91	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
製品C	ウエーハ13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
製品C	ウエーハ10	1	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
製品C	ウエーハ13	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

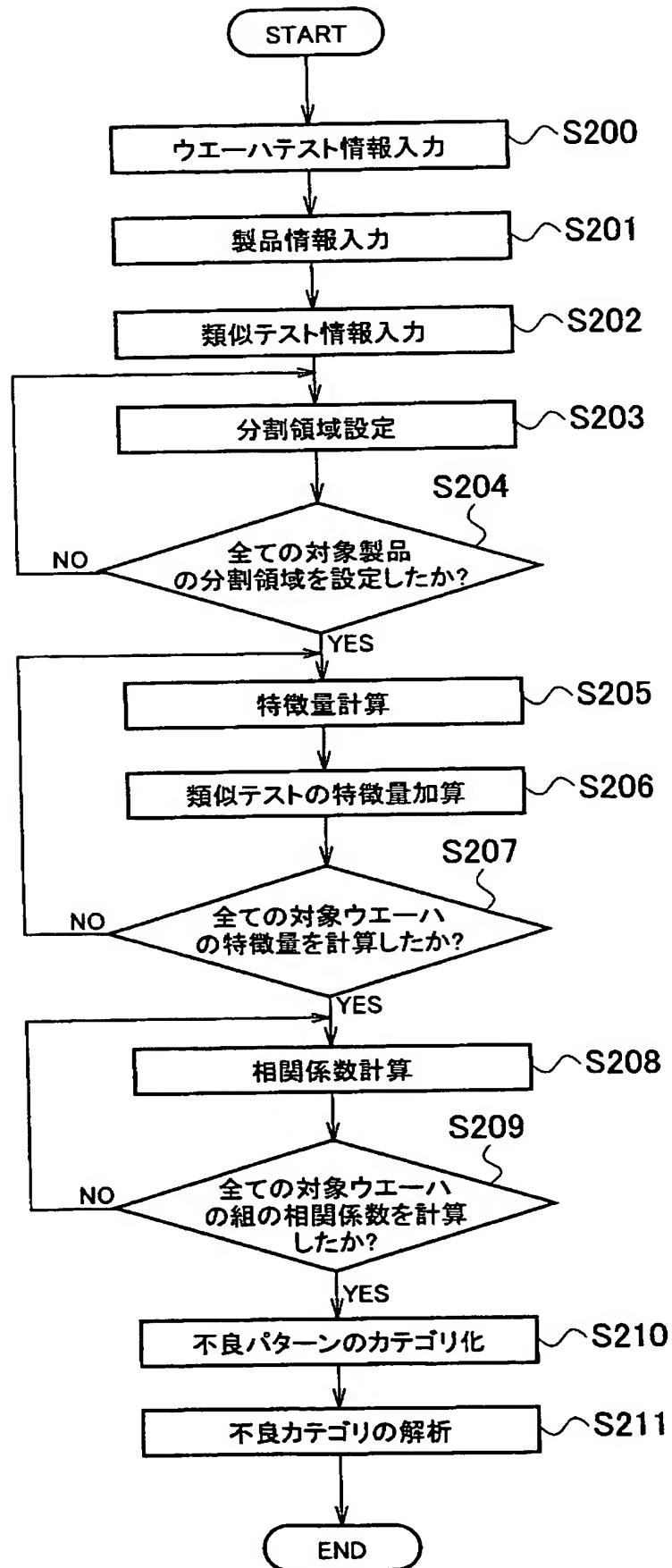
【図 18】



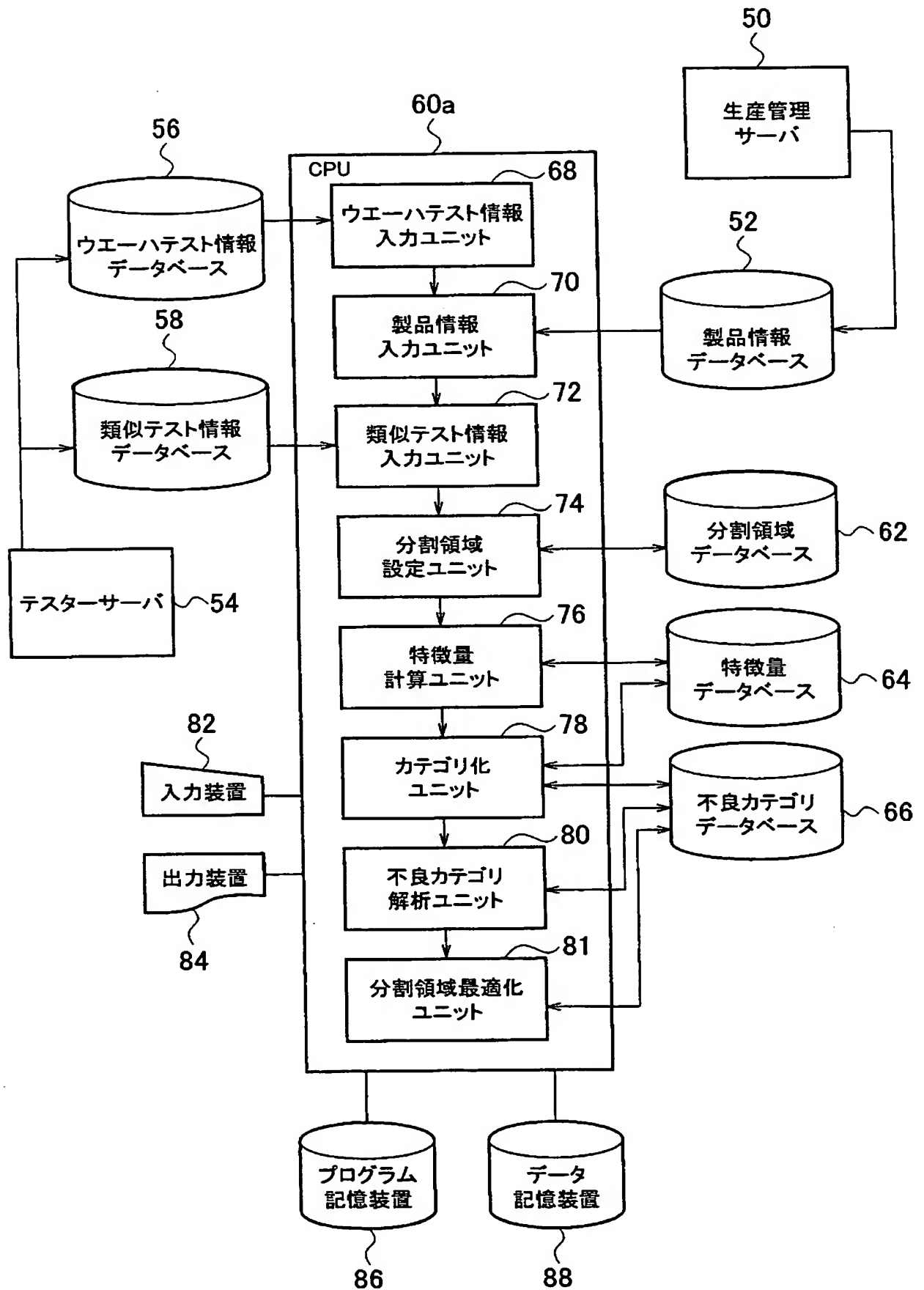
【図 19】



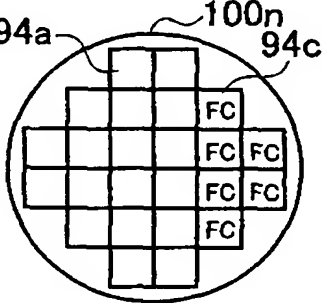
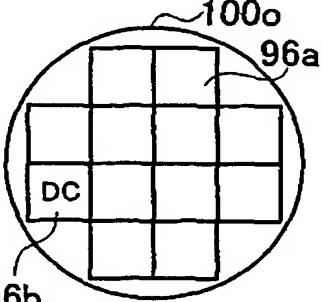
【図 20】



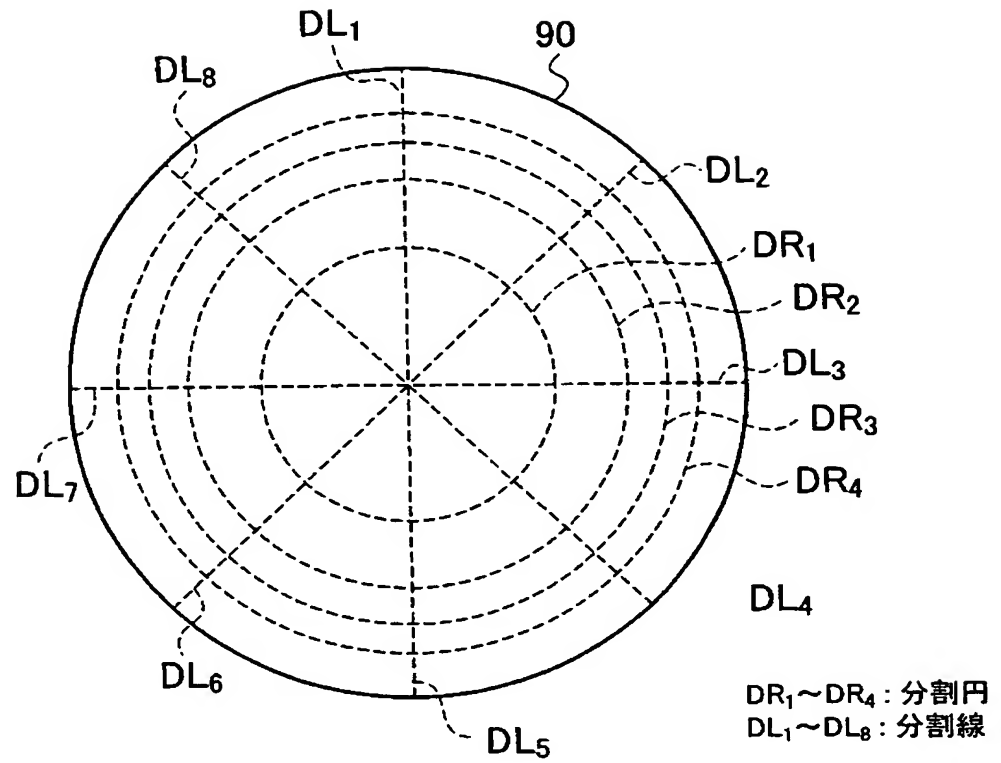
【図 21】



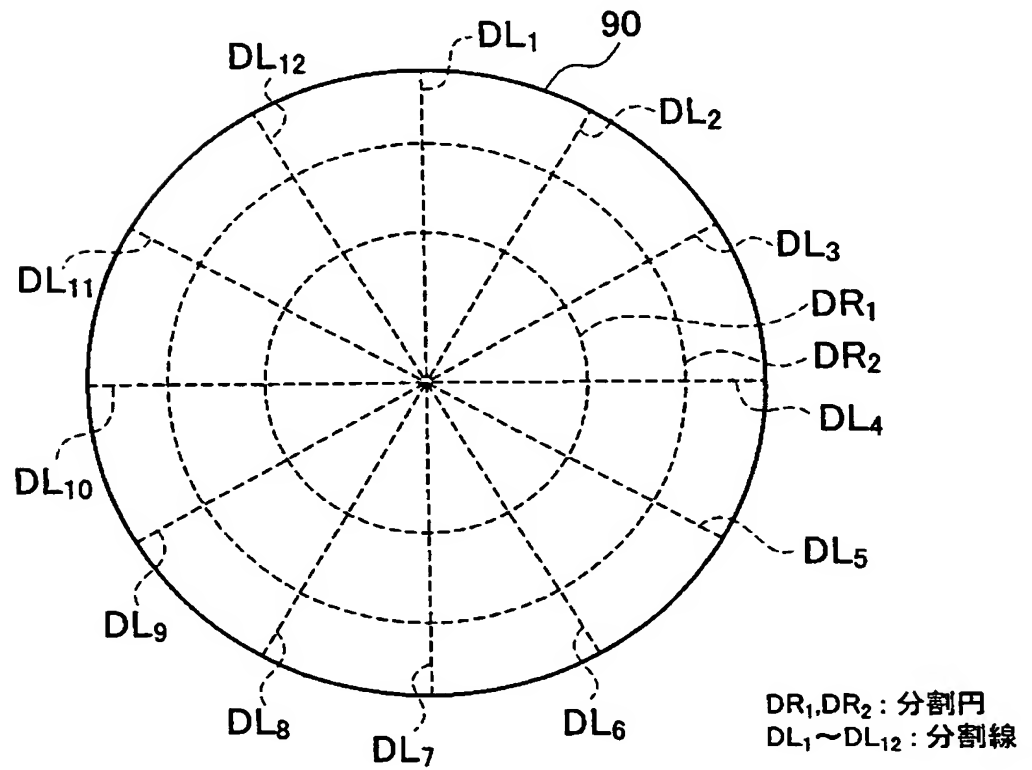
【図 22】

	パス/フェイルマップ	異常プロセス 番号	異常製造装置	検定値
カテゴリ7		136	M1	13.6
カテゴリ8		96	P1	12.7

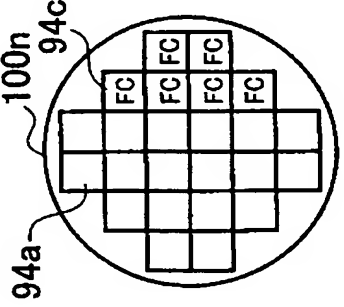
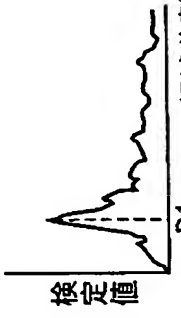
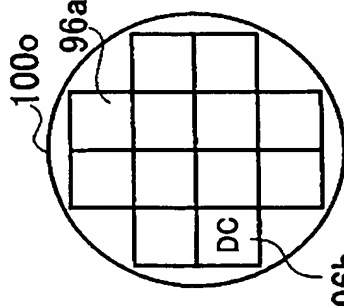
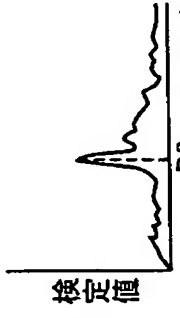
【図 23】



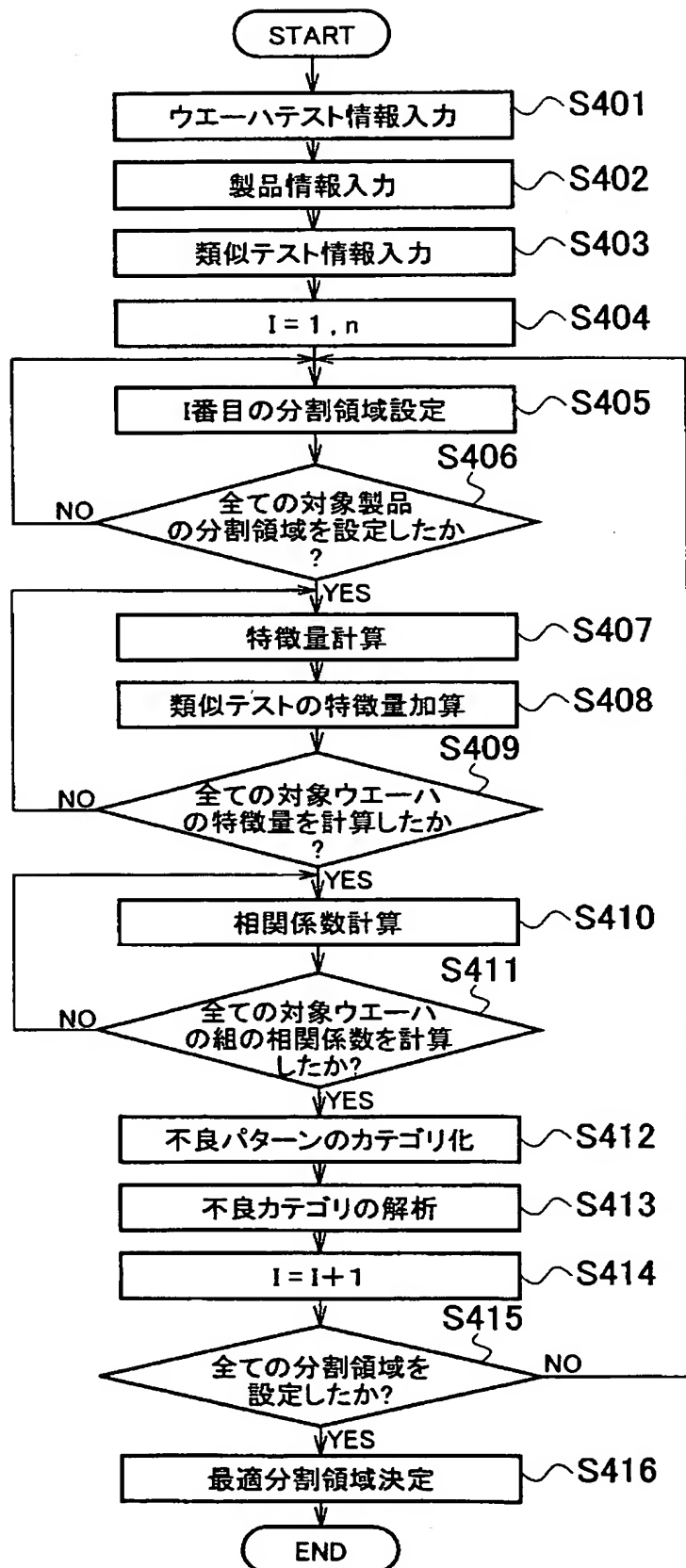
【図 24】



【図 25】

カテゴリ	バス/ファイルマップ	領域分割方法に対する検定値の変化	異常プロセス 番号	異常製造 装置	検定値
カテゴリ7		 D1: 分割円: 2 分割線: 5	136	M1	27.6
カテゴリ8		 D2: 分割円: 6 分割線: 12	82	P2	24.3

【図 26】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 不良発生原因の高感度な検知が可能な不良検出システムを提供する。

【解決手段】 複数品種の半導体装置の各ウェーハについて、ウェーハ上の複数のチップ領域に実施される電氣的テストの結果に基づいて不良チップ領域を表示するパス／フェイルマップを取得するウェーハテスト情報入力ユニット68と、半導体装置間で類似する電氣的テストを類似電氣的テストに分類する類似テスト情報入力ユニット72と、ウェーハの面内に半導体装置の複数品種に共通の分割領域を設定する分割領域設定ユニット74と、分割領域のそれぞれに含まれる不良チップ領域数を類似電氣的テスト毎に処理して特徴量を算出する特徴量計算ユニット76と、ウェーハ間で分割領域それぞれに対応する特徴量の相関係数を求め、相関係数を閾値と比較して不良チップ領域のクラスタリング不良パターンをカテゴリに分類するカテゴリ化ユニット78とを備える。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 3 7 8 1 9 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 7 月 2 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号
氏 名	株式会社東芝